



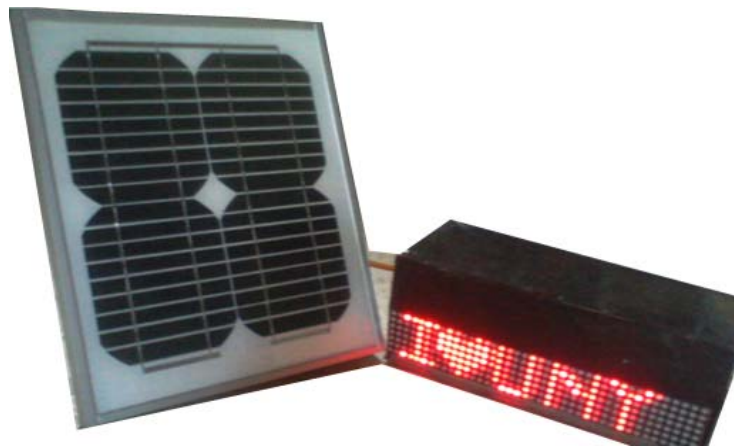
## **TULISAN DAN GAMBAR BERJALAN DENGAN SUMBER SOLAR CELL BERBASIS ATMEGA 16**

### **PROYEK AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh :

Shinta Meidiya Pradeta

NIM. 09507131019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2012**

## PENGESAHAN

Proyek akhir yang berjudul “ Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar Cell* Berbasis ATmega 16 “ ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 14 September 2012 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI			
Nama	Jabatan	Tandatangan	Tanggal
Drs. Masduki Zakaria, M.T	Ketua Penguji		21/9/2012
Dra. Umi Rochayati, M.T	Sekretaris Penguji		24/9-2012
Drs. Abdul Halim Sunawi	Penguji		26/9

Yogyakarta, 2012

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Moch. Bruri Triyono

NIP. 19560216 198603 1 003

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya terdapat karya lain tetapi tidak menggunakan *solar cell* sebagai sumbernya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 14 September 2012

Yang menyatakan,



Shinta Meidiya Pradeta

NIM. 09507131019

## MOTTO

" Jangan anggap enteng sesuatu yang menurutmu itu mudah, karena yang kamu anggap mudah itu belum tentu dapat kamu selesaikan dengan baik "

" Jadilah seperti karang di lautan yang kuat dihantam ombak dan kerjakanlah hal yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain, karena hidup hanyalah sekali. Ingat hanya pada Allah apapun dan dimanapun kita berada kepada Dia-lah tempat meminta dan memohon ".

Berangkat dengan penuh keyakinan

Berjalan dengan penuh keikhlasan

Istiqomah dalam menghadapi cobaan

" YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH "

" Lebih baik terlambat daripada tidak wisuda sama sekali "

" Jangan berbicara tidak bisa sebelum kamu melakukannya "

" Berusaha sekuat kemampuamu "

## PERSEMBAHAN

Buah karya ini kupersembahkan kepada :

*“ Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW ”*

*“ Bapak dan Ibu ( Bapak Sukadi dan Ibu Supraptinah ) yang kusayang yang selalu memberikan kasih sayangnya, do'a, nasehat, dan dukungan ”*

*“ Keluarga besar ( Nenek, Kakek, Paman, Bibi, Om, tante dan Adik-adikku yang selalu mengharapanku untuk sukses ”*

*“ Teman-teman kelas B 2009 terutama Hayyu Suci K, Anisa Ronna A, Emi Aprillia, Neli Susanti, Desi, dan Hanny yang saling memotifasi dan membantu baik langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan proyek akhir ini ”*

*“ Mas Sugiarto angkatan 2007 yang selalu memberikan semangat dalam pembuatan Proyek Akhir ini ”*

# **TULISAN DAN GAMBAR BERJALAN DENGAN SUMBER *SOLAR CELL* BERBASIS ATMEGA16**

**Oleh :**

**SHINTA MEIDIYA PRADETA  
09507131019**

## **ABSTRAK**

Tujuan dari pembuatan tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega16 adalah untuk dapat merealisasikan rancangan *hardware* dan *software* pada Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16, dan mengetahui unjuk kerja Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16.

Pembuatan proyek akhir ini menggunakan beberapa tahap yaitu : (1) Identifikasi kebutuhan, (2) Analisis Kebutuhan, (3) Implementasi / perancangan perangkat, (4) Pembuatan alat, dan (5) Pengujian. Rancangan dan pembuatan Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16 meliputi *Solar cell* sebagai pengganti listrik dari PLN, IC regulator sebagai penyetabil tegangan 5Volt, dot matrix sebagai komponen penampil Tulisan dan Gambar Berjalan, penggunaan IC 74HC595 untuk rangkaian *scanning* dan penyimpanan tegangan Listrik pada ACCU. Perancangan perangkat lunak sebagai pengendali program pada mikrokontroler ATmega16 dengan menggunakan bahasa C dan *software* CodeVisionAVR sebagai *compiler* program. Program dibuat untuk proses tampilan pada *dot matrix* dan untuk pengendali kecepatan *scanning*.

Hasil yang diperoleh adalah *hardware* telah berhasil dibuat yang terdiri dari rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16 yang dihubungkan dengan rangkaian *dot matrix* dan rangkaian *scanning* yang disuplay menggunakan tegangan dari *solar cell*. Perangkat lunak yang dibuat menggunakan CodeVisionAVR dan diuji pada rangkaian.

Kata kunci : Tulisan, Gambar, Mikrokontroler, Solar Cell, Dot Matrix



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas berkat karunia dari Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat melaksanakan Proyek Akhir beserta penyusunan laporan dengan judul “ Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar Cell* berbasis ATmega 16 “.

Proyek Akhir ini merupakan salah satu dari mata kuliah yang wajib ditempuh untuk mendapatkan gelar Ahli Madya oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Proyek Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Muhammad Munir, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Djoko Santosa, M.Pd. selaku Koordinator Proyek Akhir Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Masduki Zakaria, M.T selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

5. Bapak Suprpto, MT selaku Pembimbing Akademik Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Segenap Dosen Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan semua ilmunya.
7. Seluruh keluarga terutama kedua orang tua yang telah memberikan dorongan materil maupun moril.
8. Teman-teman seperjuangan kelas B angkatan 2009.
9. Kakak angkatan 2007 dan 2008 Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Proyek Akhir ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi perbaikan dan kemajuan di masa mendatang. Akhir kata semoga Laporan Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 14 September 2012

Shinta Meidiya Pradeta

NIM. 09507131019



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR <i>SCRIPT</i> .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan.....	3
F. Manfaat.....	4

G. Keaslian Gagasan.....	4
BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH.....	6
A. Tulisan dan Gambar Berjalan.....	6
B. <i>Hardware</i> .....	10
1. Mikrokontroler AVR ATmega16.....	10
a. Fitur ATmega16.....	11
b. Konfigurasi Pin AVR ATmega16.....	12
c. Blok Diagram ATmega16.....	13
d. Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega16.....	14
2. <i>Downloader</i> .....	14
3. Osilator.....	15
4. IC 74HC595.....	15
5. <i>Dot Matrix 5x7</i> .....	22
6. ACCU.....	23
a. Konstruksi dan Cara Kerja ACCU.....	24
b. Fungsi ACCU.....	25
c. Macam-macam ACCU.....	25
7. <i>Solar Cell</i> .....	26
C. <i>Software</i> .....	31
BAB III. KONSEP RANCANGAN.....	32
A. Rancangan Kerja.....	32
B. Identifikasi Kebutuhan.....	32
C. Analisa Kebutuhan.....	33

D. Perancangan Perangkat.....	34
1. IC Regulator 7805.....	35
2. Sistem Minimum ATmega16.....	37
3. Rangkaian Output.....	38
4. Rangkaian <i>Scanning</i> .....	39
5. <i>Downloader</i> .....	40
6. Rangkaian Penghasil Listrik dan Penyimpan Listrik.....	40
E. Diagram Alir atau <i>Flowchart</i> program.....	41
F. Langkah Kerja.....	44
G. Penjadwalan.....	44
H. Pengujian.....	45
1. Perancangan Pengujian Rangkaian.....	45
2. Pengujian Alat (Unjuk Kerja).....	46
BAB IV. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
A. Proses Pembuatan Alat.....	47
B. Hasil.....	50
C. Pengujian.....	53
1. Rangkaian IC Regulator 7805.....	53
2. <i>Solar Cell</i> .....	53
3. Rangkaian Output <i>Dot Matrix</i> .....	54
D. Pembahasan.....	55
E. Kerja Alat Secara Keseluruhan.....	58
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	59

A. Kesimpulan.....	59
B. Keterbatasan.....	60
C. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	63

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Konfigurasi IC 74HC595.....	16
Tabel 2. Data Kebenaran Flip-flop D.....	18
Tabel 3. Contoh Pergeseran Data.....	20
Tabel 4. Tabel Kebenaran Shift Register IC 74HC595.....	21
Tabel 5. Rencana Kegiatan.....	45
Tabel 6. Hasil Pengukuran Tegangan Regulator 7805.....	53
Tabel 7. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran <i>Solar cell</i> .....	54
Tabel 8. Output <i>Dot Matrix</i> .....	55

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Seven Segment Display.....	9
Gambar 2. Konfigurasi Kaki ATmega 16.....	12
Gambar 3. Blok Diagram ATmega16.....	13
Gambar 4. Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega16.....	14
Gambar 5. Rangkaian Osilator.....	15
Gambar 6. PIN Konfigurasi dan Logic Simbol IC 74HC595.....	17
Gambar 7. Ekuivalen IC 74HC595.....	18
Gambar 8. Ekuivalen D Flip-flop.....	19
Gambar 9. Shift Register 8 Buah D Flip-flop.....	20
Gambar 10. Timing Diagram Shift Register IC 74HC595.....	21
Gambar 11. Display <i>Dot Matrix</i> 5x7.....	22
Gambar 12. Rangkaian <i>Dot Matrix</i> .....	23
Gambar 13. Bagian-Bagian ACCU.....	24
Gambar 14. Cara Kerja ACCU.....	25
Gambar 15. Total Gerak Pembawa Muatan.....	27
Gambar 16. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Karakteristik Arus Tegangan Sel Surya.....	28
Gambar 17. Grafik Hubungan Kuat Cahaya Dengan tegangan.....	29
Gambar 18. Blok Diagram Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan <i>Solar Cell</i> sebagai Sumber.....	34

Gambar 19. Rangkaian Penghasil Tegangan Stabil 5 Volt DC.....	35
Gambar 20. Ekvivalen IC 7805.....	36
Gambar 21. Rangkaian Sistem Minimum ATmega16.....	37
Gambar 22. Rangkaian Penampil Menggunakan <i>Dot Matrix 5x7</i> .....	38
Gambar 23. Rangkaian <i>Scanning</i> Menggunakan IC 74HC595.....	39
Gambar 24. Rangkaian <i>Downloader</i> USB.....	40
Gambar 25. <i>Flowchart</i> Program Tulisan dan Gambar Berjalan.....	42
Gambar 26. Bentuk Fisik Rangkaian Sistem Minimum ATmega16.....	50
Gambar 27. Bentuk Fisik Rangkaian Penampil ( <i>Dot Matrix</i> ).....	50
Gambar 28. Bentuk Fisik Rangkaian <i>Scanning</i> IC 74HC595.....	51
Gambar 29. Box Tampak Depan Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan.....	52
Gambar 30. Box Tampak Belakang Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan	52
Gambar 31. Box Tampak Samping Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan.	53
Gambar 32. Grafik Hubungan Antara Lux Dengan jam.....	57
Gambar 33. Contoh Perhitungan Data <i>Dot Matrix</i> .....	57



## DAFTAR *SCRIPT*

	Halaman
Script 1. Program Tulisan dan Gambar Berjalan pada <i>Dot Matrix</i> .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber Solar Cell Berbasis ATmega16.....	64
Lampiran 2. Layout dan Tata Letak Rangkaian Sistem Minimum ATmega16	65
Lampiran 3. Layout PCB Rangkaian <i>Dot Matrix</i> 5x7.....	66
Lampiran 4. Layout dan Tata Letak Rangkaian <i>Scanning</i> IC 74HC595.....	67
Lampiran 5. Daftar Komponen pada bulan April dan Mei 2012.....	68
Lampiran 6. Petunjuk Pengoperasian Alat dan Spesifikasi Alat.....	69
Lampiran 7. Listing Program Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber Solar cell Berbasis ATmega16.....	71
Lampiran 8. Datasheet Mikrokontroler ATmega16.....	72

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Teknologi dalam bidang informasi mempunyai peran penting pada kehidupan masyarakat. Tempat usaha-usaha masyarakat, tempat rekreasi atau pariwisata, dan lain sebagainya banyak yang menggunakan teknologi ini. Teknologi informasi ini dimanfaatkan sebagai media informasi atau iklan.

Teknologi informasi jenis tulisan dan gambar berjalan di daerah-daerah perkotaan banyak dipergunakan. Tulisan dan gambar berjalan ini banyak sekali variasi-variasi yang sudah diciptakan, hal ini dikarenakan untuk memberikan suatu daya tarik masyarakat. Tetapi untuk sumber listriknya masih banyak yang menggunakan listrik dari PLN.

Pernyataan-pernyataan tersebut membuat penyusun mempunyai gagasan untuk membuat proyek akhir yang berjudul “ Tulisan dan Gambar Berjalan Dengan Sumber *Solar Cell* Berbasis ATmega 16 “. Sumber listrik yang digunakan diambil dari *Solar Cell* dan disimpan pada ACCU. Rangkaian ini juga menggunakan sistem minimum modul ATmega 16 sebagai pemroses tampilan tulisan dan gambar berjalan, rangkaian *scanning* yang menggunakan IC 74HC595 sebagai *shift register*, dan rangkaian penampilnya menggunakan *Dot Matrix*.

## **B. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang masalah yang ada maka dapat diidentifikasi masalah yang muncul sebagai berikut :

1. Kurangnya pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber untuk menghidupkan suatu rangkaian.
2. Rangkaian sistem minimum dengan ATmega 16 sebagai rangkaian pemroses tampilan tulisan dan gambar berjalan.
3. Pemanfaatan *dot matrix* sebagai penampil tulisan dan gambar berjalan.
4. Pemanfaatan IC 74HC595 sebagai rangkaian *scanning*.
5. Pemanfaatan ACCU sebagai penyimpan listrik yang dihasilkan oleh *solar cell*.

## **C. Batasan Masalah**

Dari identifikasi masalah di atas adapun batasan masalah yang diambil yaitu:

1. Pengatur tampilan rangkaian tulisan dan gambar berjalan menggunakan mikrokontroler.
2. Penampil dan rangkaian *scanning* untuk tulisan dan gambar berjalan.
3. Sumber listrik dari solar cell dan disimpan pada ACCU.

#### **D. Rumusan Masalah**

Adapun masalah yang diteliti dari batasan masalah di atas dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pembuatan *hardware* untuk rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16 ?
2. Bagaimana pembuatan *software* untuk rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16 ?
3. Bagaimana unjuk kerja rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16 ?

#### **E. Tujuan**

Tujuan pembuatan tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16 adalah :

1. Merealisasikan pembuatan *hardware* pada rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16.
2. Merealisasikan pembuatan *software* pada rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16.
3. Mengetahui unjuk kerja rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16.

## **F. Manfaat**

Dari pembuatan tulisan dan gambar berjalan dengan sumber solar cell berbasis ATmega 16 diharapkan dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, lembaga pendidikan, dan industri yaitu :

### **1. Bagi Mahasiswa**

Dapat memberikan manfaat sebagai penerapan ilmu yang diperoleh selama proses belajar dan dapat digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan riset atau penelitian.

### **2. Bagi Prodi Teknik Elektronika / Jurusan PT. Elektronika dan Informatika**

Sebagai aplikasi nyata pengembangan teknologi elektronika yang berkaitan dengan sistem kontroler. Terlebih dalam pengaplikasian pada lintas bidang, yaitu elektronika dan informasi.

### **3. Bagi DU / DI**

Sebagai inovasi produk dengan memanfaatkan teknologi elektronika yang dapat diaplikasikan pada bidang informasi. Sehingga dapat meningkatkan produksi.

## **G. Keaslian Gagasan**

Dalam pembuatan proyek akhir ini tidak terdapat suatu karya yang diajukan untuk memperoleh gelar pada suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan penulis terdapat karya lain tetapi tidak menggunakan *solar cell* sebagai sumbernya atau pendapat yang pernah

ditulis orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan dituliskan dalam daftar pustaka.



## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Tulisan dan Gambar Berjalan**

Tulisan dan gambar berjalan adalah suatu pengembangan dari teknologi yang dimanfaatkan untuk memberikan informasi kepada para pembacanya. Tulisan dan gambar berjalan berawal dari led yang disusun menjadi tulisan yang diam dan mulai dikembangkan menjadi tulisan berjalan. Hal ini karena faktor perkembangan teknologi yang semakin canggih, sehingga tulisan dan gambar berjalan pun beragam tampilannya maupun rangkaiannya.

Tulisan dan gambar berjalan ini memanfaatkan *solar cell* sebagai sumber listrik, sehingga tidak perlu lagi memanfaatkan listrik dari PLN. Pemanfaatan cahaya matahari akan mempermudah kita untuk menempatkan rangkaian tanpa memerlukan berapa panjang kabel yang akan digunakan. Tulisan dan gambar berjalan terdiri dari 3 macam rangkaian, yaitu :

##### **1. Rangkaian sistem minimum**

Dinamakan sistem minimum karena terdiri dari komponen-komponen seminimum mungkin yang berfungsi untuk mendukung kerja mikrokontroler yang akan digunakan. Rangkaian sistem minimum ini digunakan sebagai rangkaian pemroses tampilan tulisan dan gambar yang akan di tampilkan. Rangkaian pemroses ini

menggunakan ATmega 16 sebagai penyimpan data dan pemroses data.

## 2. Rangkaian *shift register*

Rangkaian *shift register* digunakan untuk pergeseran data yang biasa disebut dengan proses *scanning*. Tetapi *scanning* yang dilakukan pada kolom dot matrix dengan jumlah 40 pin untuk memenuhi pin tersebut maka menggunakan IC 74HC595. IC 74HC595 berfungsi sebagai *shift register* dan berfungsi juga untuk memperirit pin IC ATmega. IC 74HC595 ini dapat mengendalikan 8 keluaran dengan 3 inputan, misalnya dalam ATmega hanya membutuhkan 3pin saja lalu masuk kedalam IC 74HC595 dan dari satu IC 74HC595 dapat mengendalikan beberapa LED. IC 74HC595 terdiri dari beberapa rangkaian D flip-flop. Rangkaian flip-flop berasal dari SR flip-flop yang memiliki 2 masukan yaitu, S sebagai Set dan R sebagai Reset. SR flip-flop mempunyai 4 kemungkinan kondisi, yaitu 00,01,10,11. Ketika SR flip-flop dalam kondisi 00 output tidak akan berubah, jika SR flip-flop dalam kondisi 01 maka Q akan bernilai 0. Kondisi ini dinamakan kondisi Reset. Dan bila SR flip-flop dalam kondisi 10 maka Q akan bernilai 1, kondisi ini dinamakan kondisi set. Tetapi ketika SR flip-flop dalam kondisi 11 keluaran Q akan mengalami ketidak pastian, sehinggan kondisi ini tidak digunakan. Karena untuk melakukan penyimpanan kondisi masukan maka dibuatlah D flip-flop. D flip-flop ini dirancang untuk menyimpan satu bit data 0 atau 1.

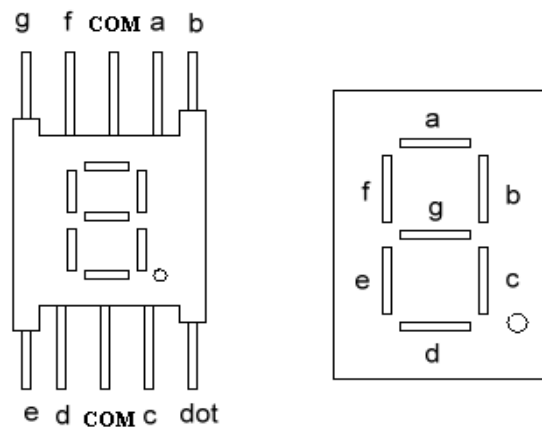
D flip-flop akan bekerja jika CK aktif, dan bila CK tidak aktif keluaran D flip-flop tidak akan mengalami perubahan. Pada flip-flop SR terjadi keluaran yang tidak pasti ketika SR dalam kondisi 11, maka dibuatlah JK flip-flop. Dalam kondisi tersebut pada JK flip-flop dilakukan jalur balik dari output Q dan Q' yang menuju ke gerbang logika NAND. JK flip-flop hampir sama dengan SR flip-flop hanya saja pada JK dalam kondisi 11 akan mengalami perubahan kondisi yang sebelumnya. Dari flip-flop tersebut yang berfungsi sebagai penunda data dan penyimpanan data adalah D flip-flop, yang di mana pada data (0 atau 1) ditunda 1 pulsa clock dari pemasukannya sampai keluaran Q. Hal tersebut juga merupakan fungsi dari IC 74HC595, yang menunda data pada pin DS dan akan di keluarkan ketika mengalami perubahan clock.

### 3. Rangkaian penampil

Rangkaian penampil ini terdiri dari beberapa susunan led atau biasa disebut dengan *Dot matrix*. *Dot matrix* digunakan supaya tampilan tidak berupa tulisan saja tetapi juga berupa gambar. *Dot matrix* ini juga dapat menampilkan segala bentuk huruf berbeda dengan *seven segmen* yang hanya huruf tertentu saja yang dapat ditampilkan. Dilihat dari pengertiannya *Seven segment* adalah rangkaian yang dapat menampilkan angka 0 sampai 9 dan juga menampilkan huruf-huruf tertentu. *Seven segment* juga hanya membutuhkan tujuh input untuk menghidupkannya. *Seven segment* ini

biasanya hanya digunakan sebagai decoder dari bilangan *binary coded decimal* (BCD) ke *seven segment decoder*. Sehingga untuk dipergunakan sebagai penampil tulisan dan gambar berjalan kurang cocok.

Berikut ini adalah gambar *seven segment display* :



**Seven-Segment Display**

Gambar 1. *Seven Segment Display*

Secara konsep rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega 16 adalah cahaya matahari diubah menjadi listrik dan disimpan pada ACCU lalu disalurkan pada rangkaian sistem minimum untuk memproses data, kemudian ditampilkan pada *dot matrix*.

## B. Hardware

### 1. Mikrokontroler AVR ATmega 16

AVR merupakan mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur *Harvard*. AVR kepanjangan dari *Advanced Versatile RISC* atau *Alf and Vegard's Risc processor* yang diambil dari nama dua mahasiswa Norwegian Institute of Technology (NTH), yaitu Alf Egil Bogen dan Vegard Wollan. Keunggulan dari mikrokontroler AVR yaitu kecepatan eksekusi program yang lebih cepat, karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. Sedangkan untuk mikrokontroler MCS51 yang memiliki arsitektur CISC (*Complex Instruction Set Compute*) membutuhkan 12 siklus *clock* untuk mengeksekusi 1 instruksi.

Mikrokontroler AVR memiliki fitur yang lengkap seperti ADC internal, EEPROM internal, *Timer/Counter*, Port I/O, komunikasi serial, komparator, dan lain-lain. Fitur-fitur yang lengkap dapat digunakan oleh programmer dan desainer untuk berbagai aplikasi sistem elektronika seperti robot, otomasi industri, peralatan telekomunikasi, dan berbagai keperluan lainnya.

Mikrokontroler AVR secara umum dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90sxx, ATmega, dan Attiny. (Heri Andrinto, 2008:2)

#### a. Fitur ATmega 16

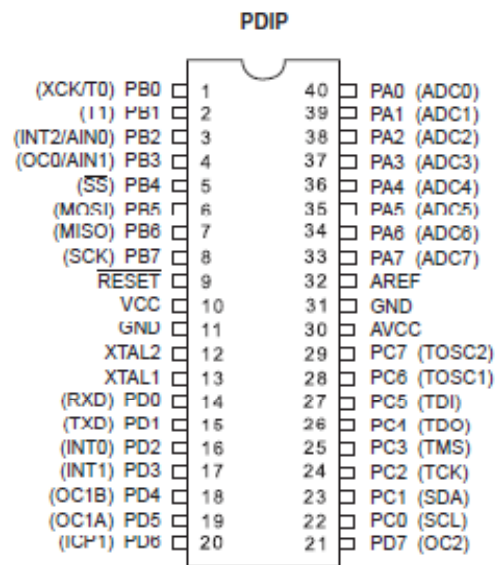
ATmega 16 merupakan mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi dengan daya rendah dan CPU yang terdiri atas 32 buah register. *Throughput* ATmega 16 mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz. Kapasitas *Flash* memori pada ATmega 16 sebesar 16Kbyte, EEPROM 512byte, SRAM 1Kbyte, dan I/O sebanyak 32 buah. ATmega 16 juga mempunyai port USART yang digunakan untuk komunikasi serial. Untuk fitur *peripheral* ATmega 16, yaitu :

1. *Timer/Counter* yang terdiri dari 3 buah dengan kemampuan perbandingan
  - a) 2 buah *Timer/Counter* 8 bit dengan *prescaler* terpisah dan *mode compare*.
  - b) 1 buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *prescaler* terpisah dan *mode compare*, dan *mode capture*.
2. *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri
3. 4 *channel PWM*
4. 8-*channel, 10-bit ADC*
  - a) 8 *Single-ended Channels*
  - b) 7 *Differential Channels* hanya pada kemasan *TQFP*
  - c) 2 *Differential Channels* dengan *Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x*
5. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*

6. *Programmable Serial USART*
7. *Master/Slave SPI Serial Interface*
8. *Programmable Watchdog Timer dengan Oscillator internal*
9. *On-chip Analog Comparator.*

(Heri Andrinto, 2008:4)

#### b. Konfigurasi Pin AVR ATmega 16



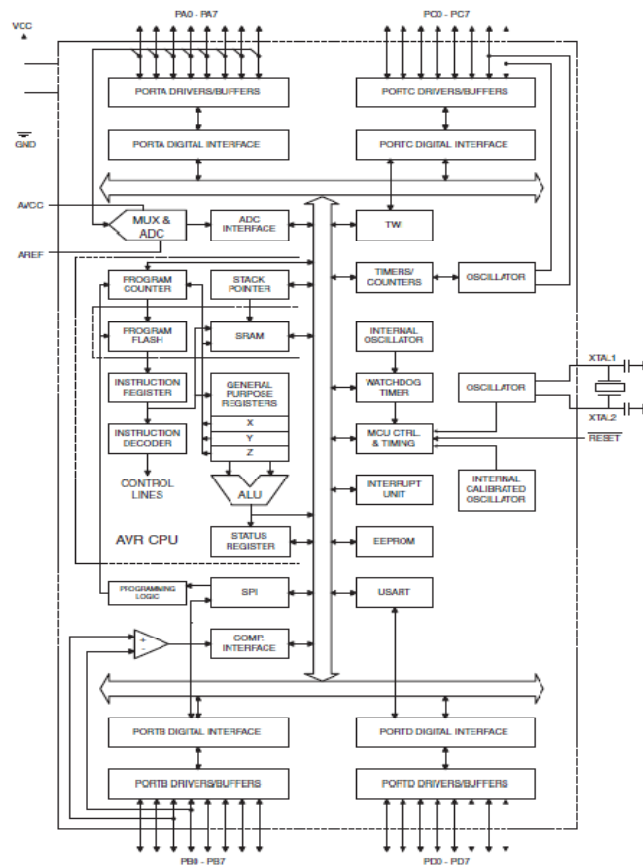
Gambar 2. Konfigurasi Kaki ATmega 16

1. VCC berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND pin *Ground*.
3. Port A0-7 merupakan pin I/O dan pin masukan ADC.
4. Port B0-7 merupakan pin I/O dan pin khusus seperti pin SCK, pin MISO, pin MOSI, pin SS (*SPI Slave Select Input*), *timer/counter*, dan lain-lainnya.



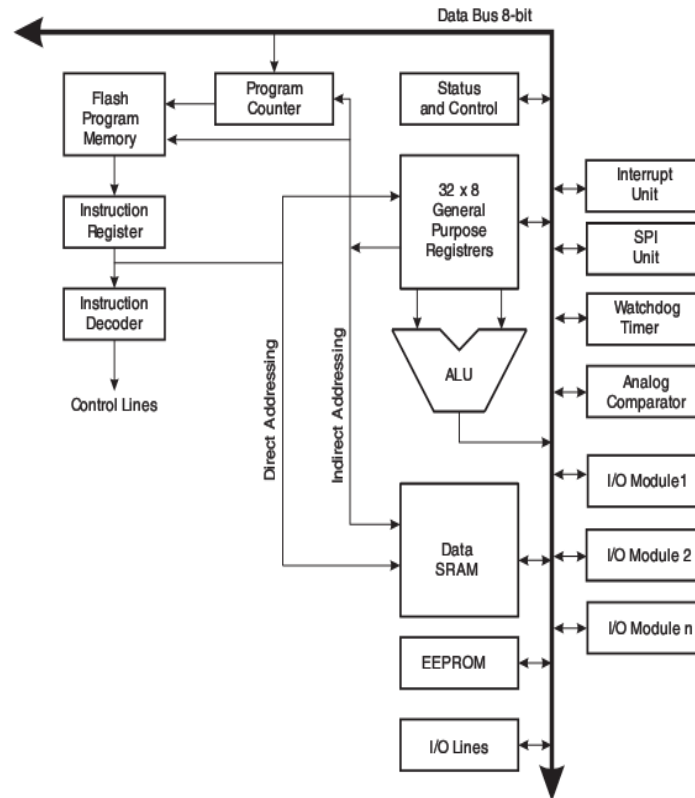
5. Port C0-7 merupakan pin I/O dan pin khusus seperti pin *Timer Oscillator*, pin JTAG, pin SDA, pin SCL.
6. Port D0-7 merupakan pin I/O dan pin khusus seperti pin OC2, pin ICP, pin *External interrupt*, pin USART in/out.
7. Reset digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 DAN XTAL2 merupakan masukan *clock external*.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

### c. Blok Diagram ATmega 16



Gambar 3. Blok Diagram ATmega 16

#### d. Arsitektur mikrokontroler AVR ATmega 16



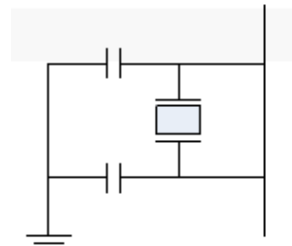
Gambar 4. Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega 16

## 2. Downloader

AVR USB *Downloader* merupakan perangkat keras yang digunakan untuk mengisi *firmware* ke mikrokontroler AVR. AVR USB *Downloader* memiliki *interface* USB yang memudahkan programmer untuk memprogram mikrokontroler melalui Laptop. Kebanyakan *downloader* AVR yang dibuat menggunakan port paralel sebagai *downloader*nya. AVR USB *Downloader* dapat digunakan dengan aplikasi external downloader seperti AVRdude, Khazama, dan yang lainnya. (Eko Rudiawan, 2012)

### 3. Osilator

Mikrokontroler membutuhkan pulsa clock untuk mengeksekusi program. Pulsa clock tersebut dapat dihasilkan dengan pemasangan rangkaian resonator pada pin XTAL1 dan XTAL2. ATmega 16 frekuensi kerja maksimum 12MHz. Berikut ini adalah rangkaian osilator yang dapat digunakan pada mikrokontroler, yaitu :



Gambar 5. Rangkaian Osilator

Dua buah kapasitor dengan nilai yang biasa digunakan adalah 33pF yang terhubung secara seri dengan komponen utama yaitu crystal. Dalam mikrokontroler dikenal dengan istilah Machine Cycle (MC) atau Siklus Mesin, dimana : 1MC = 6 state = 12 periode clock. Misalkan frekuensi crystal yang digunakan adalah 12MHz, maka :

$$1 \text{ MC} = \frac{12}{\text{frekuensi crystal}}$$

$$1 \text{ MC} = \frac{12}{12 \text{ MHz}} = 1 \mu\text{s}$$

### 4. IC 74HC595

IC 74HC/HCT595 adalah pergeseran 8 *stage serial shift register* dengan penyimpanan register dan 3 keluaran. *Shift register* dan penyimpanan *register* memiliki *clock* terpisah. IC ini mempunyai

master reset untuk clear semua output secara langsung. IC 74HC595 memiliki 16 pin dimana pin 15 sebagai VCC dan pin 8 sebagai GND.

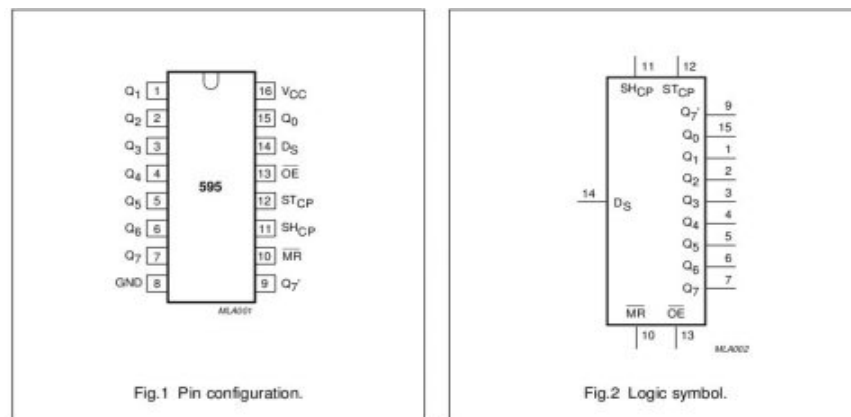
Berikut ini adalah tabel konfigurasi IC 74HC595 :

Tabel 1. Konfigurasi IC 74HC595

Pin	Simbol	Description
1	Q1	Parallel data Output
2	Q2	Parallel data Output
3	Q3	Parallel data Output
4	Q4	Parallel data Output
5	Q5	Parallel data Output
6	Q6	Parallel data Output
7	Q7	Parallel data Output
8	GND	Ground (0V)
9	Q7'	Serial data Output
10	MR	master reset (active LOW)
11	SH_CP	shift register clock input
12	ST_CP	storage register clock input
13	OE	output enable (active LOW)
14	DS	serial data input
15	Q0	parallel data output

Pin Q0-Q7 adalah output pin yang akan dikontrol kondisinya sebagai tambahan pin output IC yang diinginkan. Sedangkan pin Q7'

adalah pin serial output, pin ini dapat digunakan untuk menggabungkan beberapa IC bila membutuhkan lebih banyak output. Prinsip kerja IC 74HC595 adalah menerima data masukan dari pin serial data input yaitu pin 14 dan menggesernya setiap internal register yang tersusun secara seri pada setiap perubahan pulsa clock dari low sampai ke high yang diberikan pada pin shift register clock input pada pin 11. Pin output Q0-Q7 yang merupakan keluaran dari setiap register tetap tidak akan berubah selama proses tersebut terus berjalan dan selama pin 12 belum berubah kondisi dari low ke high. (Fans Arduino:2011)



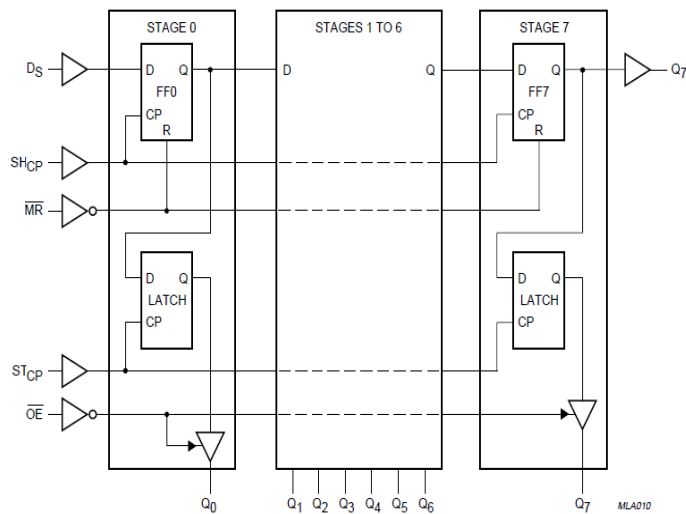
Gambar 6. PIN Konfigurasi dan Logic Simbol IC 74HC595

IC 74HC595 terdiri dari beberapa D flip-flop, dimana flip-flop D sering disebut dengan flip-flop tunda. Data (0 atau 1) ditunda 1 pulsa clock dari pemasukan sampai keluaran. Tabel di bawah ini menunjukkan tabel kebenaran dari flip-flop D :

Tabel 2. Data Kebenaran flip-flop D

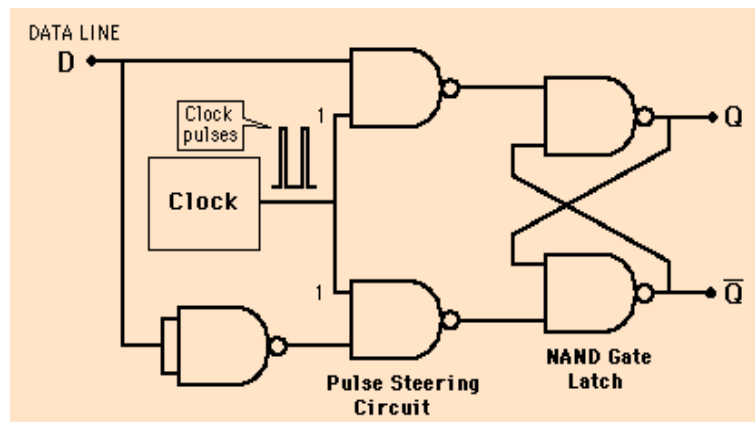
$\overline{\text{SET}}$	$\overline{\text{RESET}}$	D	CK	Q	$\overline{Q}$
0	1	-	-	1	0
1	0	-	-	0	1
0	0	-	-	1	1
1	1	1	$\downarrow$	1	0
1	1	0	$\downarrow$	0	1

Flip-flop D dapat dibentuk dari flip-flop SR yang berdetak dengan menambahkan satu gerbang NOT. Flip-flop D ini biasanya dimasukkan pada IC-IC tertentu seperti IC 74HC595. Berikut ini gambar rangkaian di dalam IC 74HC595 :



Gambar 7. Ekuivalen IC 74HC595

Berikut ini gambar ekuivalen D flip-flop, yaitu :



Gambar 8. Ekuivalen D Flip-flop

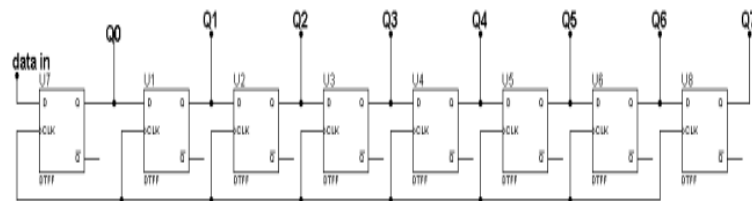
Susunan D flip-flop pada *shift register* dalam berbagai clock yang sama di mana output dari masing-masing flip-flop dihubungkan ke input D dari flip-flop berikutnya. Sirkuit yang bergeser oleh satu posisi yang disebut dengan *array bit* yang tersimpan di dalamnya. *Array bit* ini diimplementasikan hanya dengan menjalankan beberapa pergeseran register yang sama dengan panjang bit secara paralel. Data yang masuk pada data flip-flop pertama dialihkan satu tahap data pertama setiap mengalami perubahan high. Pada awalnya bit pada flip-flop yang paling kiri digeser ke output flip-flop pertama. Dan bit pada flip-flop yang paling kanan digeser keluar dan akan hilang. Data yang bergeser disimpan setiap flip-flop pada output 'Q', sehingga pada shift register IC 74HC595 terdapat 8 slot penyimpanan yang tersedia. Contoh tabel pergeseran data :



Tabel 3. Contoh Pergeseran Data

FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8
1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1

Setelah data 1 berada pada FF8 data tersebut akan kembali lagi pada FF1. Perubahan itu akan terjadi ketika clock mengalami perubahan dari low ke high. Berikut ini adalah contoh gambar shift register 8buah D flip-flop, yaitu :



Gambar 9. Shift Register 8 Buah D Flip-Flop

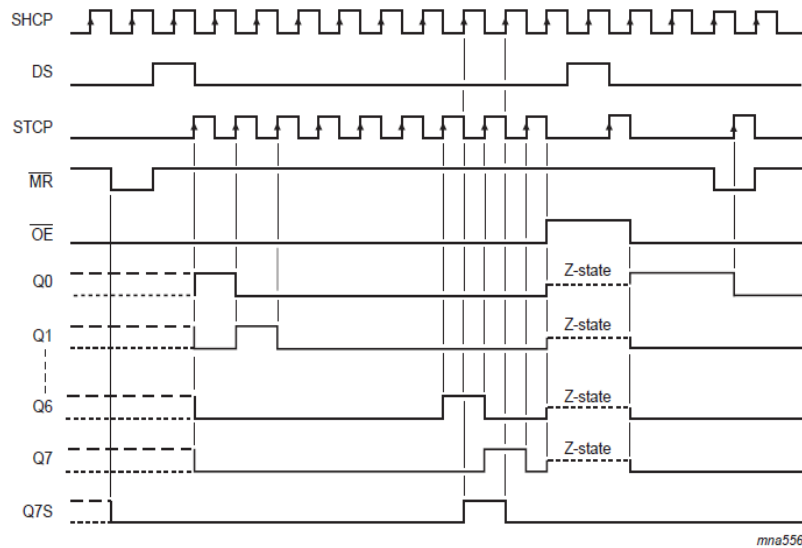
Untuk mengetahui tabel kebenaran dari shift Register IC 74HC595 dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Tabel Kebenaran Shift Register IC 74HC595

Control				Input	Output		Function
SHCP	STCP	OE	MR	DS	Q7S	Qn	
X	X	L	L	X	L	NC	a LOW-level on $\overline{MR}$ only affects the shift registers
X	↑	L	L	X	L	L	empty shift register loaded into storage register
X	X	H	L	X	L	Z	shift register clear; parallel outputs in high-impedance OFF-state
↑	X	L	H	H	Q6S	NC	logic HIGH-level shifted into shift register stage 0. Contents of all shift register stages shifted through, e.g. previous state of stage 6 (internal Q6S) appears on the serial output (Q7S).
X	↑	L	H	X	NC	QnS	contents of shift register stages (internal QnS) are transferred to the storage register and parallel output stages
↑	↑	L	H	X	Q6S	QnS	contents of shift register shifted through; previous contents of the shift register is transferred to the storage register and the parallel output stages

[1] H = HIGH voltage state;  
 L = LOW voltage state;  
 ↑ = LOW-to-HIGH transition;  
 X = don't care;  
 NC = no change;  
 Z = high-impedance OFF-state.

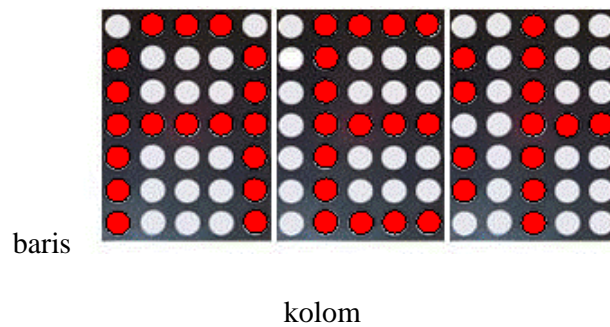
Dari tabel kebenaran di atas diperoleh timing diagram dari shift register IC 74HC595, yaitu :



Gambar 10. Timing Diagram Shift Register IC 74HC595

## 5. Dot Matrix 5x7

*Dot matrix 5x7* mempunyai arti 1 *dot matrix* berukuran 5 kolom x 7 baris untuk susunan led. Sehingga untuk satu *dot matrix* terdapat 35 buah led. Berikut adalah ilustrasi *dot matrix* yang sudah terpakai untuk menampilkan beberapa karakter :



Gambar 11. Display Dot Matrix 5x7

Prinsip kerja *dot matrix* adalah menggunakan sistem *scanning* kolom dimana pada satu waktu dari sekian banyak kolom hanya satu kolom yang menyala. Karena dalam proses pengulangan penyalan kolom dari kolom 1 sampai kolom terakhir begitu cepat dan berulang-ulang maka huruf yang ditampilkan tampak menyala bersamaan. Tetapi apabila proses *scanning* kolom diperlambat maka pergeseran penyalan kolom akan terlihat satu persatu. (e-Technology Center, 2010)

*Dot matrix* yang ada di pasaran terdiri dari 2 macam *dot matrix* yaitu :

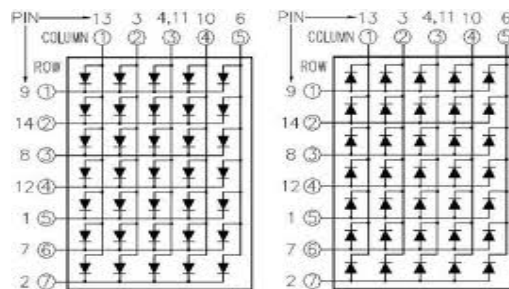
1. *Dot matrix* kolom Anoda.

Disebut dengan kolom anoda karena untuk menghidupkan susunan led *dot matrix* maka kolom diberi logika 1 dan pada baris diberi logika 0.

2. *Dot matrix* kolom katoda.

Disebut dengan kolom katoda karena pada kolom diberi logika 0 dan pada baris diberi logika 1 akan menyebabkan susunan led pada *dot matrix* menyala.

Rangkaian di dalam *dot matrix* 5x7 untuk kolom anoda dan kolom katoda, yaitu :

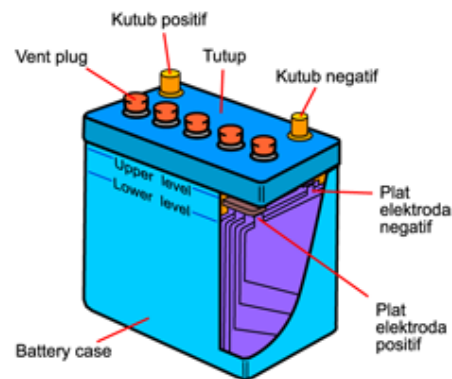


Gambar 12. Rangkaian *Dot Matrix*

## 6. ACCU

ACCU atau Aki adalah sebuah sel atau elemen sekunder yang merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. ACCU merupakan elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga dapat disebut

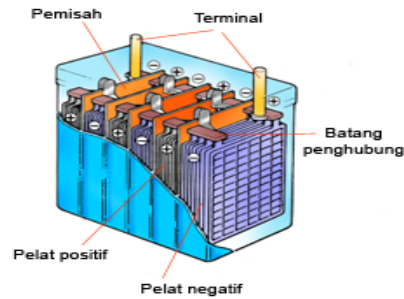
juga elemen sekunder. ACCU memiliki dua buah kutub atau terminal yaitu kutub positive dan kutub negative. Kutub positive ACCU menggunakan lempeng oksida dan kutub negative menggunakan lempeng timbale. Larutan elektrolit ACCU adalah menggunakan larutan asam sulfat.



Gambar 13. Bagian-Bagian ACCU

a. Konstruksi dan Cara Kerja ACCU

Setiap sel pada ACCU berisi pelat positive dan pelat negative. Pelat positive terdapat oksid timah coklat ( $PbO_2$ ), sedangkan pelat negative terdapat timah ( $Pb$ ). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung pada ACCU. Pemisah atau separator menjadi isolasi diantara pelat itu agar ACCU mudah beredar disekeliling pelat. Apabila ketiga unsur kimia tersebut berinteraksi maka akan muncul arus listrik.



Gambar 14. Cara Kerja ACCU

b. Fungsi ACCU

ACCU berfungsi sebagai media penyimpanan dan pensuplai arus listrik pada saat digunakan.

c. Macam-macam ACCU

Ada dua macam ACCU, yaitu :

1. ACCU Basah

Disebut dengan ACCU basah karena ACCU jenis ini perlu diberi air ACCU. Ada beberapa jenis ACCU basah, yaitu Low Maintenance yang berbentuk mirip dengan ACCU basah biasa dan tetap mempunyai lubang pengisian di atasnya. ACCU jenis ini sudah diisi air sejak dari pabrik. Maintenance Free yang tidak mempunyai lubang pengisian air, meski pun berisi cairan. ACCU jenis ini juga sudah diisi air dari pabrik. Bahan perak yang dipakai untuk elektroda membuat air ACCU jenis ini tidak menguap. Walaupun menguap akan dikembalikan lagi ke dalam. Keuntungan ACCU jenis ini adalah tidak membutuhkan perawatan.

## 2. ACCU Kering

ACCU kering tidak memakai cairan, sehingga mirip seperti baterai telpon selular. ACCU ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah. Keuntungan dari ACCU kering adalah tidak banyak memakan tempat. Dan kerugian dari ACCU kering adalah tidak pas di dudukan pada ACCU aslinya. ACCU jenis ini sama sekali tidak membutuhkan perawatan, tetapi rentan terhadap pengisian berlebih dan pemakaian arus yang sampai habis karena dapat merusak sel-sel penyimpanan arusnya.

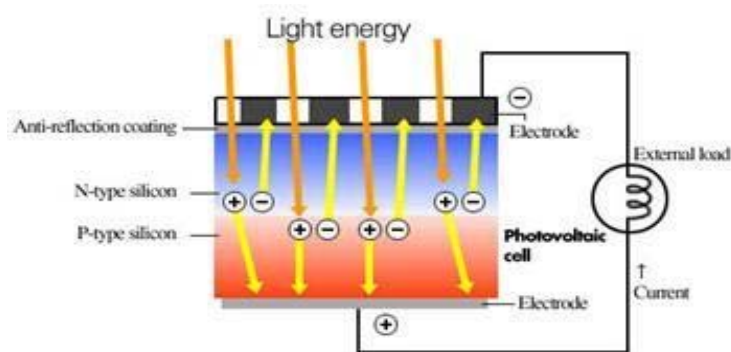
## 7. *Solar Cell*

*Solar cell* merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Listrik tenaga surya diperoleh dengan melalui sistem photo-voltaic yang terdiri dari photo dan voltaic. Photo berasal dari bahasa Yunani phos yang berarti cahaya, sedangkan voltaic diambil dari nama seorang pelopor yaitu Alessandro Volta (1745-1827). Photo-voltaic lebih sering disebut dengan solar cell atau sel surya, karena cahaya yang dijadikan energi listrik adalah sinar matahari. Sel surya adalah suatu pn junction dari silikon kristal tunggal dengan menggunakan photo-electric effect dari bahan semikonduktor.

Sel surya dapat langsung mengkonversi sinar matahari menjadi listrik searah (dc). Bila sel surya itu dikenakan pada sinar matahari, maka akan timbul elektron dan hole. Elektron-elektron dan hole-hole yang timbul di sekitar pn junction bergerak berturut-turut ke arah

lapisan n dan ke arah lapisan p. Sehingga pada saat elektron-elektron dan hole-hole itu melintasi pn junction, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya. Jika pada kedua ujung sel surya diberi beban maka timbul arus listrik yang mengalir melalui beban.

Perpindahan elektron-elektron dari pita valensi ke pita konduksi menimbulkan dua macam gerak pemawa muatan, yaitu gerak elektron-elektron pada pita konduksi dan gerak *hole* (lubang) pada pita valensi dengan arah gerak kedua pembawa muatan tersebut saling berlawanan. Total gerak pembawa muatan tersebut menimbulkan arus listrik pada rangkaian luar yang secara sederhana digambarkan pada gambar berikut :

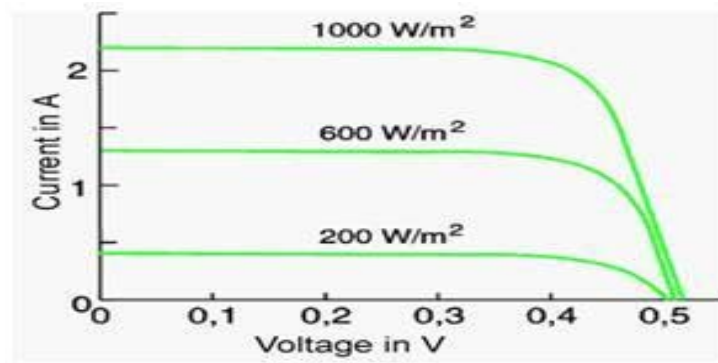


Gambar 15. Total Gerak Pembawa Muatan

Proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik terjadi melalui efek fotolistrik. Efek fotolistrik adalah peristiwa terpentalnya sejumlah elektron pada permukaan sebuah logam ketika disinari seberkas cahaya. Gejala efek fotolistrik dapat diterangkan melalui teori *kuantum Einstein*. Menurut teori *kuantum Einstein* adalah cahaya

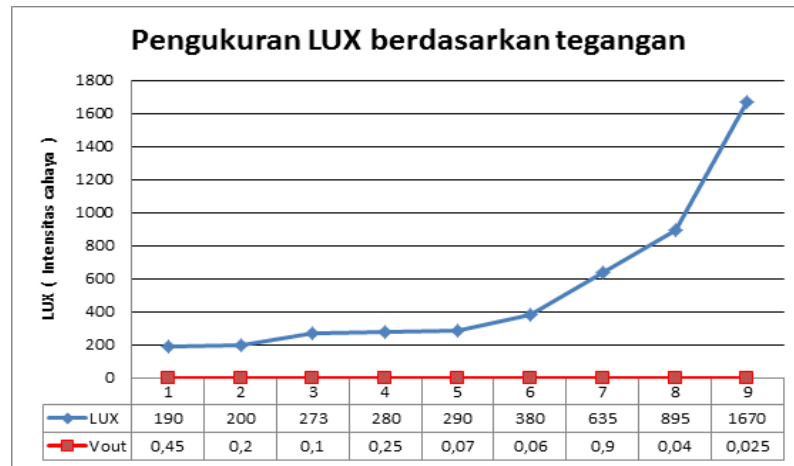


dipandang sebagai sebuah paket energi (foton) yang besar energinya bergantung pada frekuensi cahaya. Pada sel surya energi foton akan diserap oleh elektron sehingga elektron akan terpelantik keluar menghasilkan arus dan tegangan listrik. Arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ) yang dihasilkan ketika sel memperoleh penyinaran merupakan karakteristik setiap sel surya. Karakteristik ini selalu disajikan dalam bentuk kurva hubungan  $I$  dan  $V$ . Berikut ini gambar dari bentuk kurva hubungan  $I$  dan  $V$  yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan suhu permukaan sel, yaitu :



Gambar 16. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya

Berikut ini grafik hubungan antara kuat cahaya ( lux meter ) dengan tegangan ( Volt ), yaitu :



Gambar 17. Grafik Hubungan Kuat Cahaya Dengan Tegangan

Sel surya pada umumnya terbuat dari bahan semikotor. Salah satu bahan sel surya adalah kristal silikon (c-Si). Bahan ini merupakan silikon murni (elektron valensi 4) yang diberi pengotoran (impuriti) bervalensi 3 sehingga menjadi silikon tak murni (kekurangan sebuah elektron). Silikon jenis ini kemudian diberi nama silikon tipe-*p*, sedangkan silikon murni yang diberi pengotoran bervalensi 5 (kelebihan sebuah elektron) juga menghasilkan silikon tipe-*n*. Sambungan kedua jenis silikon ini akan membentuk persambungan (*junction*) PN. Pada batas sambungan akan timbul sebuah celah energi atau *energy gap* ( $E_g$ ) yang membatasi pita valensi dengan pita konduksi.

Sebuah sel surya tunggal dapat menghasilkan listrik searah 3 volt dan 3 ampere. Sel-sel ini dapat dibuat dalam berbagai ukuran yang diinginkan dengan menghubungkan secara seri sel-sel yang sama untuk membentuk modul sel surya dengan keluaran yang diperlukan.

Sel-sel itu dikemas sedemikian rupa dengan bahan khusus, sehingga modul dapat bertahan dalam kondisi yang terjelek tanpa kehilangan efisiensinya. Sistem sel surya menggunakan energi sinar matahari untuk menghasilkan listrik, tanpa memerlukan bahan bakar. Tanpa ada bagian yang berputar, maka sistem sel surya hanya memerlukan sedikit perawatan. Sehingga sistem sel surya itu dapat disebut *cost effective* dan cocok untuk stasiun telekomunikasi daerah terpencil, pelampung navigasi di tengah laut, alat pemantau permukaan air bendungan, atau untuk penerangan rumah yang jauh dari jangkauan jaringan PLN. (Poohdandan, 2010)

*Solar cell* yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti diantaranya adalah :

- a. Solar cell type polikristal (*Poly-crystalline*) merupakan *solar cell* yang memiliki susunan kristal yang acak. *Solar cell* polikristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama dengan *solar cell* type monokristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dari type monokristal, akan tetapi solar cell type polikristal dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.
- b. Solar cell jenis monokristal (*Mono-crystalline*) merupakan *solar cell* yang paling efisien dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Kelemahan dari *solar cell* jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang teduh, karena efisiensinya akan menurun drastis dalam cuaca berawan.

### C. Software

*Software* pada rangkaian ini menggunakan pemrograman mikrokontroler AVR bahasa C. Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang banyak memiliki keuntungan yang dimiliki oleh bahasa mesin, hampir semua operasi yang dapat dilakukan oleh bahasa mesin dapat juga dilakukan oleh bahasa C dengan penyusunan program yang lebih sederhana dan mudah. Bahasa C juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahasa *assemble*. ( Heri Andrianto, 2008:3 )

### **BAB III**

#### **KONSEP RANCANGAN**

##### **A. Rancangan Kerja**

Proyek Akhir ini menggunakan beberapa metode rancang bangun pembuatan yang terdiri dari identifikasi kebutuhan yang akan digunakan. Kemudian identifikasi kebutuhan tersebut dianalisis untuk menentukan komponen yang akan dipergunakan secara spesifik. Selanjutnya melakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Setelah selesai melakukan perancangan perangkat maka melakukan pembuatan dan pengujian perangkat.

##### **B. Identifikasi Kebutuhan**

Identifikasi kebutuhan pada proyek akhir ini terdiri dari :

1. Perlu adanya rangkaian yang mampu mengeluarkan tegangan 5Volt DC secara stabil.
2. Perlu adanya modul sistem minimum sebagai rangkaian pengendali dari rangkaian yang dibuat.
3. Perlu adanya komponen yang digunakan untuk menampilkan output yang dihasilkan oleh mikrokontroler ATmega16.
4. Perlu adanya rangkaian untuk *menscanning dot matrix*.
5. Perlu adanya *downloader* untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler ATmega16.

6. Perlu adanya komponen penghasil tenaga listrik yang digunakan untuk menyuplay rangkaian dan komponen untuk menyimpan listrik.
7. Perlu adanya box (*chasing*) untuk pemasangan rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan *Solar Cell* Sebagai Sumber.

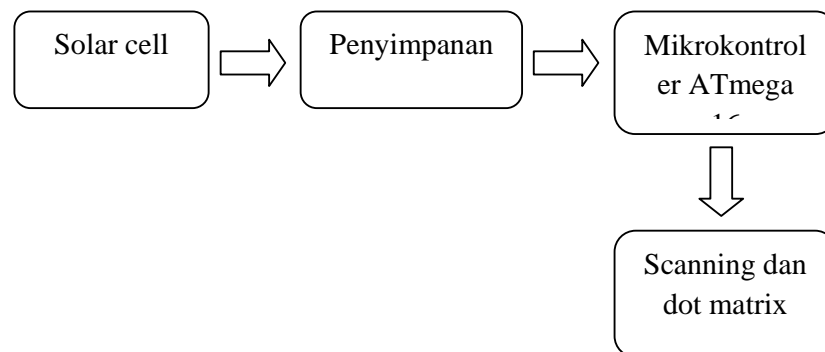
### C. Analisis Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan yang tertulis diatas dapat diperoleh beberapa analisis kebutuhan terhadap kebutuhan yang diinginkan, yaitu :

1. Rangkaian yang terdiri dari komponen IC Regulator 7805 yang mampu mengeluarkan tegangan stabil sebesar 5Volt DC.
2. Rangkaian sistem minimum ATmega16 sebagai rangkaian pengendali tampilan Tulisan dan Gambar Berjalan.
3. *Dot Matrix* yang berukuran 5x7 dengan jumlah 8buah sebagai rangkaian penampil Tulisan dan Gambar berjalan yang dihasilkan oleh mikrokontroler ATmega16.
4. IC Register 74HC595 yang digunakan untuk *menscanning dot matrix*.
5. Rangkaian *downloader* yang digunakan untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler ATmega16.
6. *Solar Cell* digunakan untuk penghasil listrik dan disimpan pada ACCU.
7. Box (*chasing*) untuk pemasangan rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan *Solar Cell* Sebagai Sumber.

#### D. Perancangan Perangkat

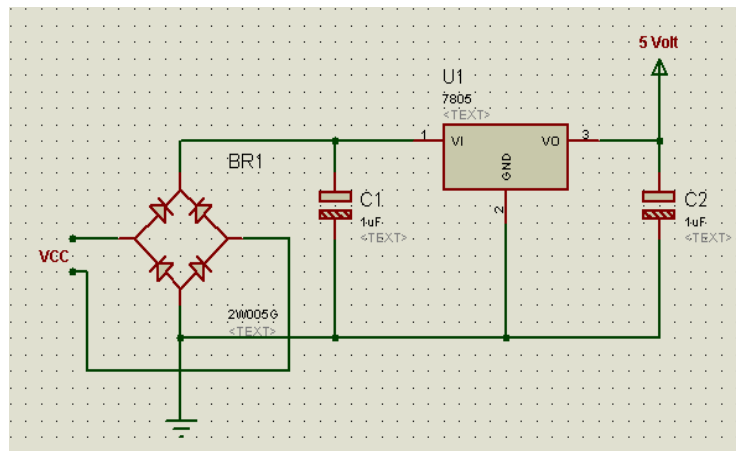
Proyek Akhir ini terdiri dari beberapa blok rangkaian yaitu blok pengendali, blok penghasil listrik, blok penyimpan listrik dan satu blok output. Input pada rangkaian ini tidak berupa push button atau yang lainnya melainkan data-data yang sudah tertulis didalam mikrokontroler. Blok pengendali rangkaian Tulisan dan Gambar berjalan ini adalah berupa mikrokontroler. Solar cell digunakan sebagai penghasil listrik yang menggantikan listrik PLN, sedangkan ACCU digunakan sebagai penyimpan listrik yang dihasilkan oleh solar cell tersebut. Blok output rangkaian ini terdiri dari dot matrik yang berukuran 5x7 dengan jumlah 8buah yang menggunakan IC 74HC595 sebagai IC scanning dot matrix. Berikut ini blok diagram Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Solar Cell sebagai Sumber :



Gambar 18. Blok Diagram Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Solar Cell sebagai Sumber

Perancangan-perancangan perangkat tulisan dan gambar berjalan dengan sumber solar cell berbasis ATmega 16, meliputi :

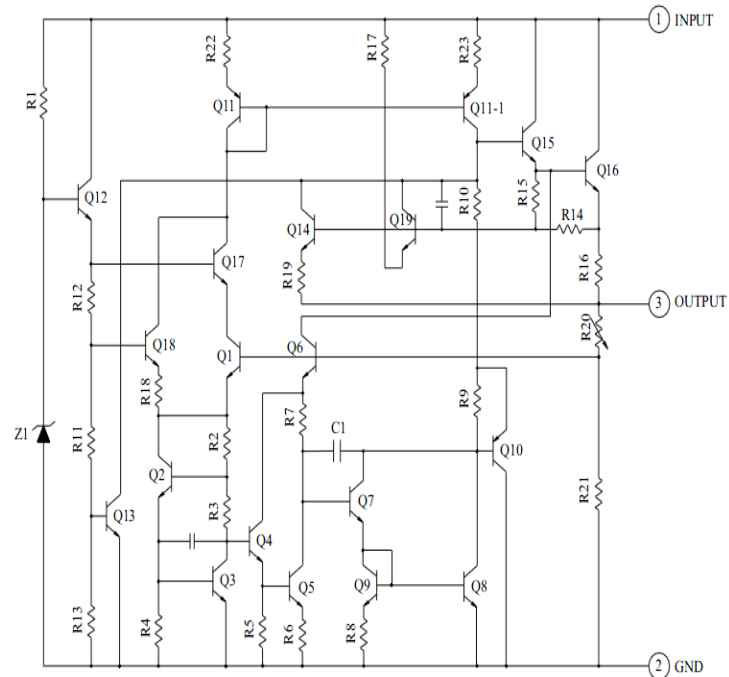
### 1. IC Regulator 7805



Gambar 19. Rangkaian Penghasil Tegangan Stabil 5 Volt DC

Dioda bridge digunakan sebagai penyearah arus bolak balik gelombang penuh, sehingga akan menghasilkan gelombang DC yang sangat baik dengan noise yang rendah. Sedangkan C1 dan C2 sebagai filter untuk memperkecil *ripple* gelombang yang dikeluarkan dari dioda agar mendekati bentuk gelombang DC murni. Tegangan yang diperlukan oleh mikrokontroler adalah 5Volt DC tegangan yang stabil maka menggunakan IC regulator 7805 yang dapat mengeluarkan tegangan sebesar 5Volt DC. Tetapi tegangan masukan pada IC regulator 7805 harus lebih besar dari tegangan yang dihasilkan oleh IC 7805. Berikut ini adalah gambar ekivalen IC 7805 :

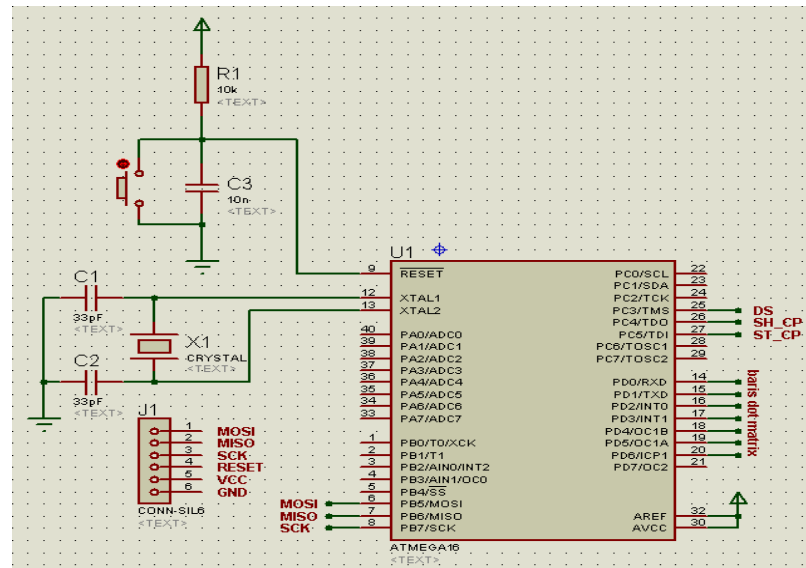




Gambar 20. Ekuivalen IC 7805

Dari gambar di atas dapat dijelaskan cara kerja dari IC 7805, yaitu dari input masuk ke dalam diode zener untuk distabilkan tegangannya. Kemudian arus akan mengalir ke Q12 untuk dikuatkan dan mengalir ke dalam Q17 keluar dari Colector Q17 masuk ke dalam Q11 dan dikuatkan kembali. Dari Q11 masuk ke dalam Q11-1, Q15 dan Q16 untuk diperkuat kembali. Kemudian melalui R14 masuk ke dalam Q14 dan dikeluarkan pada Emitor Q14 untuk di keluarkan melalui R19. Sehingga pada IC 7805 ini memiliki 2 fungsi yaitu sebagai regulator karena terdapat diode zener dan sebagai penguat karena terdapat rangkaian penguat.

## 2. Sistem Minimum ATmega 16



Gambar 21. Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

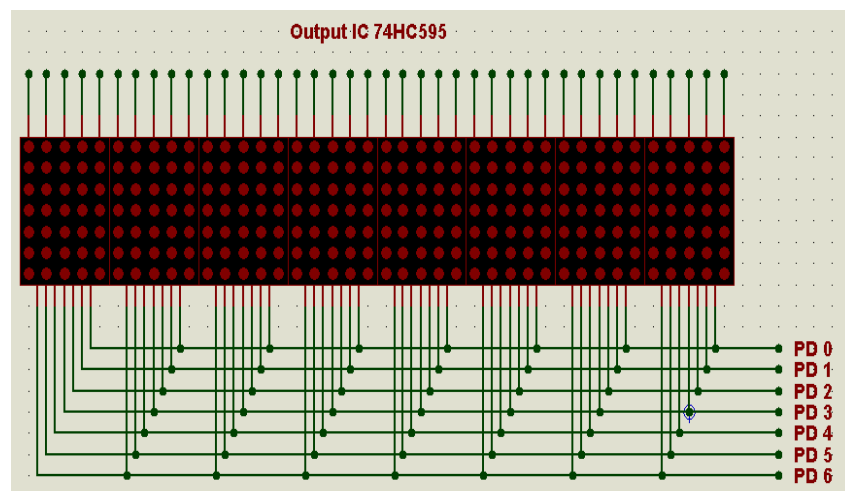
Rangkaian Sistem minimum ATmega16 digunakan untuk pengendali dari rangkaian proyek akhir ini. ATmega16 merupakan mikrokontroler yang sangat mudah dicari dan banyak digunakan oleh para programmer. Dengan fitur-fitur yang lengkap yang dimiliki ATmega16 dan jumlah memory yang dimiliki ATmega16 maka tidak ada hal yang perlu diragukan lagi untuk mempergunakannya.

Kristal dan dua buah kapasitor sebagai osilator rangkaian sistem minimum yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan *clock* pada ATmega16. Karena Sistem minimum disusun menggunakan mikrokontroler MCS51 dengan frekuensi kerja 12MHz maka rangkaian sistem minimum tersebut menggunakan kristal 12MHz dan 2 kapasitor 33pF untuk membangkitkan frekuensi. Resistor 10 KOhm yang terhubung seri dengan 1buah kapasitor 10nF dan tombol pust

button yang terpasang paralel dengan kapasitor sebagai rangkaian *power on reset* yang terhubung dengan pin 9 pada ATmega16. Port SPI yang terdiri dari MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC dan GND digunakan sebagai masukkan program. Port D digunakan untuk keluaran data dan sebagai masukkan *dot matrix*. Port C digunakan untuk pengendali masukkan kaki DS, SH\_CP dan ST\_CP pada IC 74HC595.

### 3. Rangkaian Output

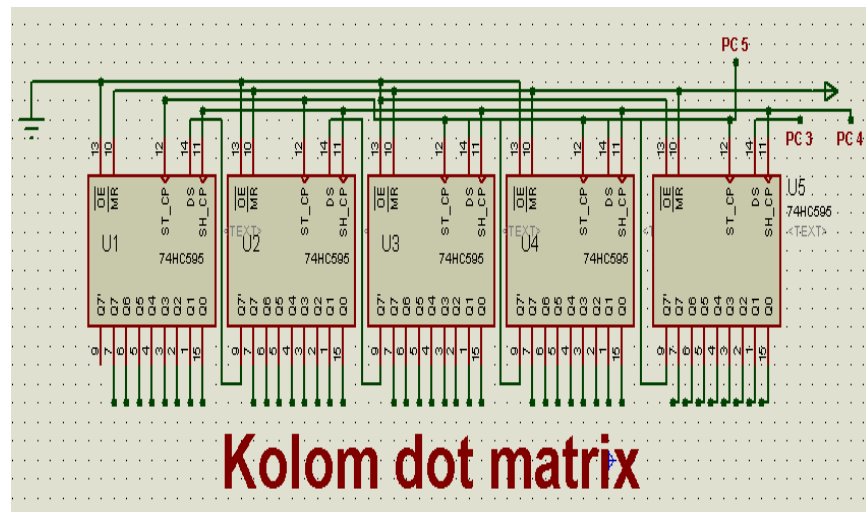
Rangkaian output ini hanya terdiri dari komponen *dot matrik* yang berukuran 5x7 dengan jumlah 8buah. *Dot matrik* ukuran 5x7 maksudnya adalah 5kolom dan 7 baris. Pada rangkaian ini baris digunakan sebagai penerima data dari mikrokontroler dan kolom digunakan sebagai *scanning* agar tulisan yang ditampilkan dapat terlihat secara bersamaan karena proses *scanning* yang sangat cepat. Rangkaian penampil dengan *dot matrik* 5x7 yaitu :



Gambar 22. Rangkaian Penampil Menggunakan *Dot Matrix* 5x7

#### 4. Rangkaian *Scanning*

Rangkaian *Scanning* ini menggunakan IC 74HC595. Karena *dot matrix* yang digunakan ada 40 kolom sedangkan 1 buah IC 74HC595 terdapat 8 buah output, maka untuk memenuhi 40 kolom tersebut memerlukan 5 buah IC 74HC595 dengan input 3 buah. Hal ini tidak akan terjadi pemborosan pin ATmega. Berikut ini adalah gambar rangkaian *scanning* IC 74HC595 :



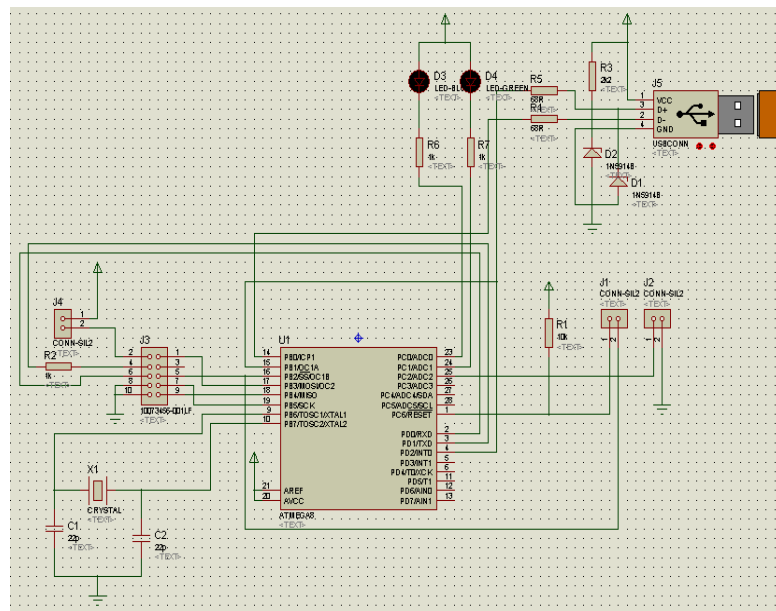
Gambar 23. Rangkaian *Scanning* Menggunakan IC 74HC595

Cara kerja dari rangkaian di atas adalah pin 10 (MR) disambungkan pada VCC dan pin 13 (OE) disambungkan pada GND untuk membuat output *shift register* aktif. Sedangkan pin 14 (DS) diberi data 0 dan 1, data tersebut akan menggeser dari output Q0 sampai Q7 pada U5. Q7' sebagai output dari DS maka Q0 sampai Q7 pada U4 dan seterusnya juga akan mengalami pergeseran data. Waktu pergeseran tiap bit output ini sesuai dengan input clock dari SH\_CP

dan ST\_CP. Tetapi pergantian data tergantung dengan pergantian clock pada ST\_CP.

## 5. Downloader

Hampir semua komputer dari komputer biasa sampai notebook tidak dilengkapi dengan port paralel, sehingga penulis menggunakan *downloader* USB (*Universal Serial Bus*) yang lebih praktis dari pada *downloader* paralel.



Gambar 24. Rangkaian *Downloader* USB

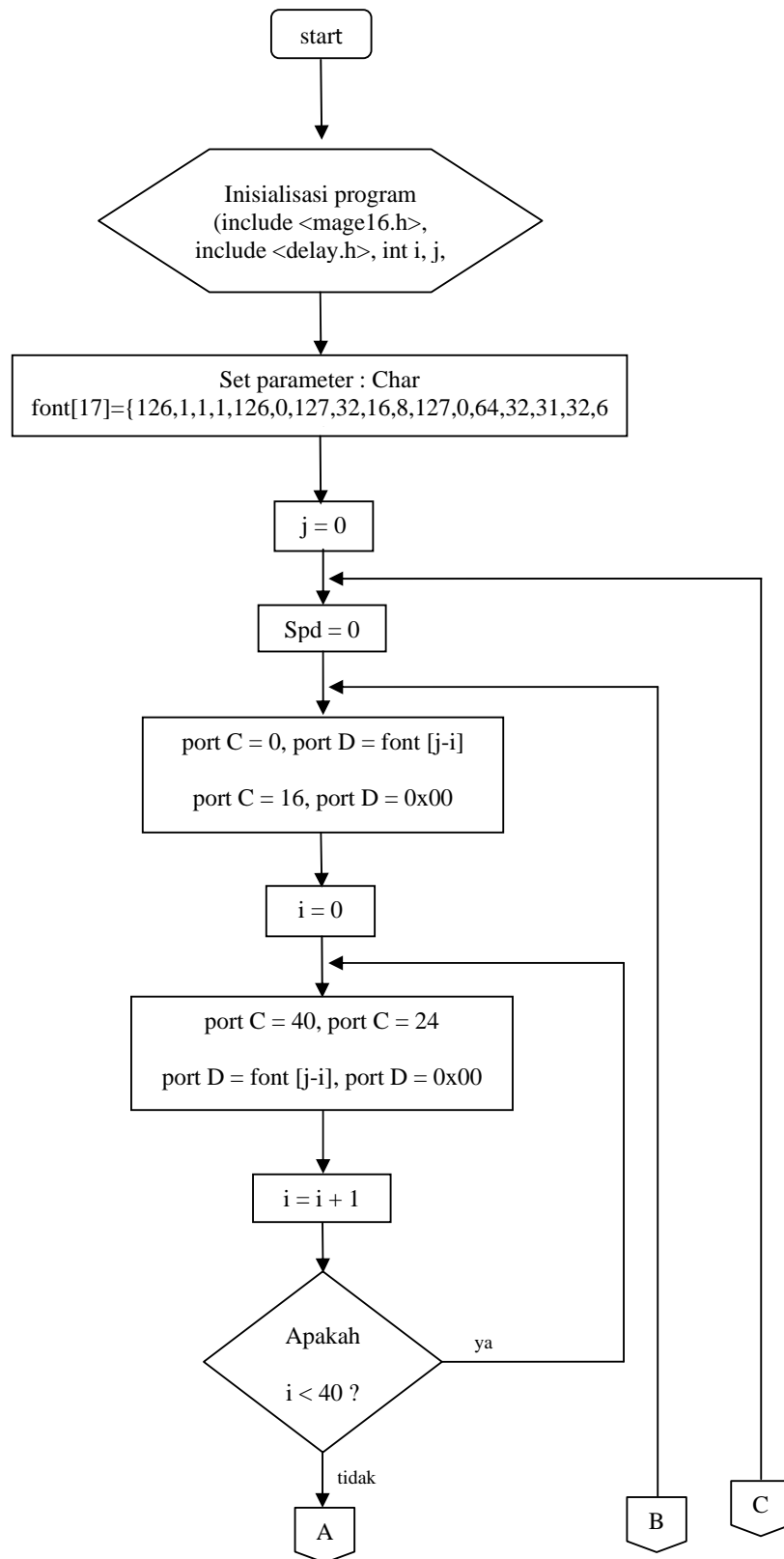
## 6. Rangkaian Penghasil Listrik dan Penyimpan Listrik

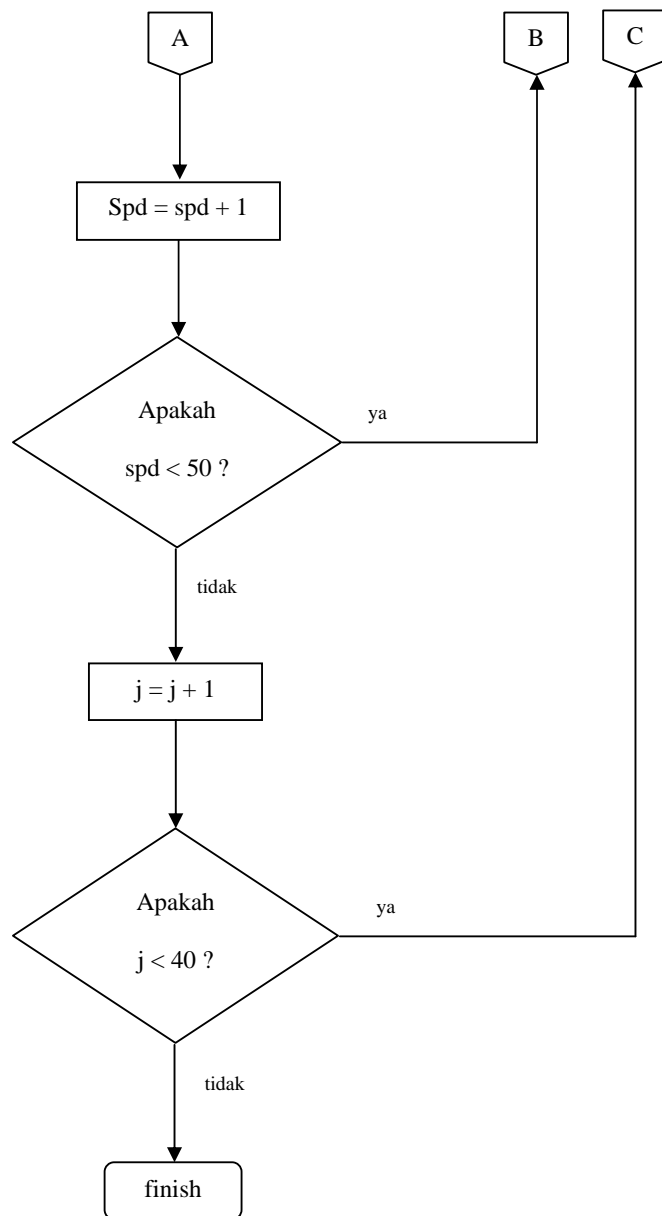
Rangkaian penghasil listrik yang dimaksud adalah *Solar cell* yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Spesifikasi *solar cell* yang digunakan pada rangkaian ini adalah maksimum daya 10Watt, Voc 22.35Volt, Isc 0.56Ampere, temperatur - 45<sup>0</sup>C samapai 85<sup>0</sup>C, dan toleransi  $\pm 5\%$ . *Solar cell* yang digunakan

adalah model SYSM10S-02. Energi listrik yang dihasilkan tersebut disimpan pada ACCU. Setelah ACCU penuh atau sudah menyimpan listrik maka ACCU tersebut akan mengalirkan listrik pada rangkaian sistem minimum ATmega16, sehingga sistem minimum akan berkerja. *Solar cell* ini digunakan untuk mengganti tenaga listrik dari PLN.

#### **E. Diagram Alir atau *Flowchart* Program**

*Flowchart* program pada rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega16 dimulai dari start yang berarti memulai perogram. Kemudian melakukan inisialisasi yang akan dibaca oleh program dan menjalankan program yang sudah dituliskan sampai akhir program. Berikut ini *flowchart* program secara lengkap :





Gambar 25. *Flowchart* Program Tulisan dan Gambar Berjalan



## **F. Langkah Kerja**

Berikut ini adalah langkah kerja dari pembuatan proyek akhir yang berjudul Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16 :

1. Merancang skema rangkaian.
2. Membuat *layout* PCB.
3. Membuat jalur pada PCB.
4. Pengeboran pada PCB.
5. Pemasangan komponen.
6. Pemasangan rangkaian.
7. Membuat *software*.
8. Pengujian Alat.

## **G. Penjadwalan**

Proyek Akhir ini dapat diselesaikan dengan melakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Mencari sumber referensi mengenai tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* baik dari buku maupun dari internet dan mempelajarinya.

2. Konsultasi

Konsultasi dilakukan oleh mahasiswa kepada dosen pembimbing maupun dosen lainnya.

### 3. Praktik Langsung

Mahasiswa akan merancang, membuat, merakit, dan menguji rangkaian secara langsung.

Tabel 5. Rencana Kegiatan

No.	Kegiatan	Minggu ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Studi Pustaka	■									
2	Perencanaan dan Pembuatan <i>Hardware</i>		■	■	■	■	■	■	■	■	
3	Perencanaan dan Pembuatan <i>software</i>		■	■	■	■	■	■	■	■	
4	Uji coba dan Analisa Data										
5	Penyusunan Laporan						■	■	■	■	■

## H. Pengujian

Pengujian alat pada proyek akhir ini meliputi :

### 1. Perancangan Pengujian Rangkaian

- Pengujian pada rangkaian IC regulator 7805 dengan memberikan input yang berbeda-beda, kemudian mengecek keluaran IC 7805 tersebut dan melihat keadaan dot matrix apakah tampilan dan pemancaran lednya berubah-ubah. Alat yang digunakan untuk mengetahui keluaran IC 7805 adalah menggunakan multimeter.
- Pengujian output *Solar cell* dengan kuat cahaya yang berbeda-beda. Menggunakan alat kuat cahaya atau *lux meter*.
- Pengujian mikrokontroler ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian bekerja dengan baik. Pengujian pada output untuk

mengetahui keluaran apakah sudah sesuai dengan program yang diinginkan.

## **2. Pengujian Alat (Unjuk Kerja)**

Rangkaian dapat bekerja dengan baik sesuai yang direncanakan maka baru melakukan pengujian alat. Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat sudah bekerja sesuai dengan semestinya.

## BAB IV

### PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Proses pembuatan Alat

Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* berbasis ATmega16 langkah pertama dalam pembuatannya yaitu mempersiapkan beberapa bahan dan alat yang akan digunakan. Berikut ini adalah alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan rangkaian tulisan dan gambar berjalan, yaitu :

1. Sebuah komputer yang sudah dilengkapi dengan *software* proteus 7 professional dan CodeVisionAVR untuk menggambar rangkaian, membuat layout PCB, membuat program dan digunakan untuk pengujian program.
2. PCB sebagai tempat rangkaian tulisan dan gambar berjalan.
3. Pelarut *Etching (FeCl<sub>3</sub>)* digunakan untuk melarutkan tembaga pada PCB yang tidak digunakan.
4. Larutan M3 digunakan untuk merekatkan tinta.
5. Kertas glossy digunakan untuk mencetak gambar rangkaian.
6. Solder digunakan untuk menyolder kaki-kaki komponen.
7. Timah dilelehkan menggunakan solder ke kaki-kaki komponen agar terhubung dengan PCB.
8. Atraktor digunakan untuk mengambil timah yang tertempel pada PCB ketika terjadi kesalahan penyolderan.

9. Bor digunakan untuk memberi lubang pada PCB agar kaki komponen dapat terpasang pada PCB.
10. Adaptor digunakan sebagai penyuplay tegangan pada Bor.
11. Setrika listrik digunakan untuk membuat gambar layout pada kertas glossy tertempel pada PCB.
12. Komponen-komponen yang diperluka dalam pembuatan Rangkaian tulisan dan gambar berjalan.
13. Obeng digunakan untuk mengencangkan baut pada box.
14. Mur baut digunakan untuk merapatkan box.
15. Gergaji besi atau khater digunakan untuk memotong bagian PCB yang tidak digunakan.
16. Tang penjepit dan tang potong digunakan untuk memotong kaki komponen yang sudah disoldir agar terlihat rapi.
17. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan arus yang masuk dan keluar dalam rangkaian.
18. Seng yang digunakan untuk bahan pembuatan box rangkaian.
19. Bahan dan alat pendukung lainnya.

Proses pembuatan rangkaian tulisan dan gambar berjalan ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Gambar rangkaian dan layout rangkaian dibuat menggunakan komputer dengan aplikasi proteus 7 professional. Untuk gambar rangkaian dibuat menggunakan aplikasi isis 7 professional, sedangkan untuk layoutnya menggunakan aplikasi ares 7 professional. Gambar rangkaian dan layout

yang telah dibuat pada perancangan perangkat keras dapat dilihat pada lampiran 1 dan lampiran 2.

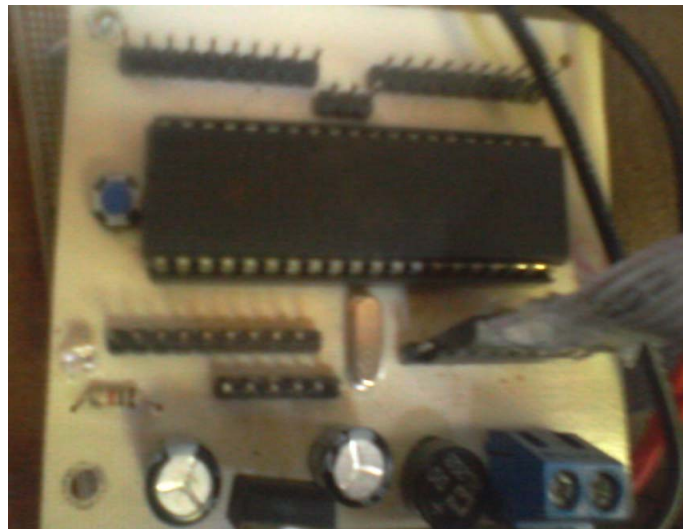
2. Proses penyablonan jalur PCB adalah dengan cara mencetak layout PCB pada kertas glossy, kemudian kertas glossy ditempelkan pada PCB dan disetrika selama 5 atau 10 menit sampai jalur benar-benar tertempel pada PCB. Tetapi sebelum melakukan penyetricaan pada PCB langkah pertamanya adalah PCB dibersihkan menggunakan M3, hal ini dilakukan untuk mempercepat penyetricaan.
3. Setelah jalur tertempel pada PCB dilakukan pelarutan tembaga menggunakan larutan  $\text{FeCl}$  (*Feri Chloride*) agar membentuk jalur yang telah dibuat sampai tembaga PCB yang tidak terbentuk jalur hilang. Kemudian PCB dibersihkan dengan air dan melakukan pengeboran pada titik-titik kaki komponen.
4. Langkah-langkah pemasangan komponen pada PCB yaitu dengan menyiapkan komponen yang dibutuhkan, pengujian komponen dan merakit komponen pada PCB sesuai dengan tata letaknya.
5. Pembuatan box (*chasing*).
6. Merakit rangkaian pada box.
7. Pembuatan program menggunakan *software* CodeVisionAVR untuk mikrokontroler Atmega16 dan mendownload program dengan *downloader* USB.
8. Langkah terakhir adalah melakukan pengujian rangkaian secara keseluruhan.

## B. Hasil

1. *Hardware* Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar Cell* Berbasis ATmega16

Bentuk-bentuk fisik Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar Cell* Berbasis ATmega16 dapat dilihat pada gambar berikut ini :

- a. Bentuk fisik Rangkaian Sistem Minimum ATmega16



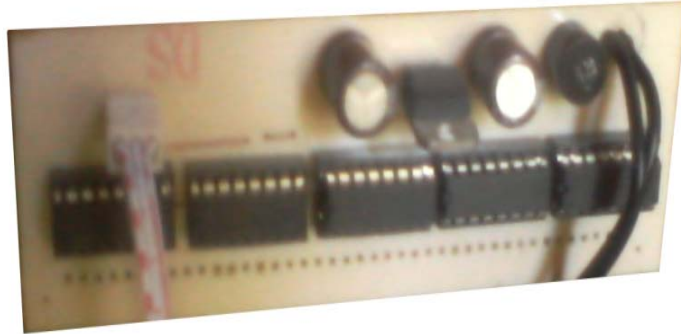
Gambar 26. Bentuk Fisik Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

- b. Bentuk fisik Rangkaian Penampil ( *Dot Matrix* )



Gambar 27. Bentuk Fisik Rangkaian Penampil (*Dot matrix*)

c. Bentuk fisik Rangkaian *Scanning* IC 74HC595



Gambar 28. Bentuk Fisik Rangkaian *Scanning* IC 74HC595

2. *Software* Tulisan dan Gambar Berjalan dengan *Solar Cell* Berbasis ATmega16.

*Software* Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan *Solar Cell* Berbasis ATmega16 menggunakan Pemrograman Bahasa C. Listing program tersebut dapat dilihat pada Lampiran 7.

3. Box ( *Chasing* ) Tulisan dan Gambar Berjalan dengan *Solar Cell* Berbasis ATmega16.

Box Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16 ini di buat menggunakan bahan seng dengan ketebalan 0,3 mm dan dengan menggunakan tambahan bahan kayu sebagai penyangga rangkaian. Box rangkaian tulisan dan gambar berjalan ini diberi warna hitam menggunakan cat hitam. Berikut ini adalah ukuran-ukuran dalam pembuatan box dan gambar box rangkaian tulisan dan gambar berjalan :



$P = 31 \text{ cm}$

$T = 12 \text{ cm}$

$L = 14,5 \text{ cm}$

,Keterangan : P = Panjang box

T = Tinggi box

L = Lebar box



Gambar 29. Box Tampak Depan Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan



Gambar 30. Box Tampak Belakang Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan



Gambar 31. Box Tampak Samping Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan

### C. Pengujian

#### 1. Rangkaian IC Regulator 7805

Rangkaian IC Regulator 7805 dilakukan pengujian dengan mengukur tegangan output yang dihasilkan oleh IC 7805 ketika diberi tegangan input yang berbeda-beda. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah IC 7805 itu dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya dan untuk mengetahui kondisi *dot matrix*.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Tegangan Regulator 7805

No.	teg. Input	Teg. Out IC7805 tanpa beban	Teg. Out IC7805 dengan beban	Kondisi dot matrix
1	3 Volt	0 Volt	0 Volt	Mati
2	12 Volt	5,2 Volt	5 Volt	Menyala

#### 2. *Solar cell*

Dilakukan pengujian *solar cell* adalah untuk mengetahui tegangan output yang dihasilkan oleh *solar cell* dengan perbedaan kuat cahaya. Pengujian ini juga untuk membuktikan apakah kuat cahaya matahari sangat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell*.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran *Solar cell*

No.	Waktu (jam)	Kuat Cahaya	Arus Output	Teg. Out tanpa Beban	Teg.Out dengan Beban
1.	06.38 WIB	11500 lux	50 mA	20,5 Volt	17,9 Volt
2.	10.15 WIB	19800 lux	180mA	20,8 Volt	19,5 Volt
3.	16.03 WIB	10 lux	90 mA	19,4 Volt	6,5 Volt

### 3. Rangkaian Output *Dot Matrix*

Pengujian pada rangkaian output *dot matrix* adalah untuk mengetahui cara kerja *dot matrix* yang terpasang sejajar supaya dapat menampilkan tulisan dan gambar berjalan yang terhubung dengan mikrokontroler ATmega16. Hasil pengujian rangkaian *dot matrix* adalah sebagai berikut :

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
int i,j,spd; // program untuk menampilkan tulisan UNY
void main(void)
{
    char font[17]= //data yang akan ditampilkan
    {
        126,1,1,1,126,0,127,32,16,8,127,0,64,32,31,32,64
    };
    DDRC=0xFF; //output untuk pengatur IC 74HC595
    PORTC=0x00; //port untuk clock dinolkan di awal
    #asm ("nop")
    while(1)
    {
        //awal program dot matrix
        DDRD=0xFF; //output untuk inputan baris dot matrix
        PORTD=0x00;
        for(j=0;j<40;j++) //data length ( 40 = jumlah kolom )
        {
            for(spd=0;spd<50;spd++) //untuk kecepatan scanning
            {
                PORTC=0; //DS-L
                PORTD=font[j-i]; //data
                delay_us(50);
                PORTC=16; //DS-L, SH-H
                delay_us(50);
                PORTD=0x00;
                for(i=0;i<40;i++) //column length
                {
                    PORTC=40; //ST-H
                    PORTC=24; //SH-H
                    PORTD=font[j-i];
                    delay_us(100);
                    PORTD=0x00;
                }
            }
        }
    }
    //akhir program dot matrix
}
```

Script 1. Program Tulisan dan Gambar Berjalan pada *Dot Matrix*

Program di atas dapat dijelaskan bahwa PORT D sebagai output keluaran data pada ATmega16. Sedangkan PORTC digunakan untuk mengatur DS, SH dan ST pada IC 74HC595. Kecepatan *scanning* 50spd, semakin besar spd kecepatan *scanning* semakin lambat. Untuk pengujian *dot matrix* dilakukan dengan cara memberikan data yang berbeda-beda, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 8. Output *Dot Matrix*

No.	Data pada program	Hasil output dot matrix
1.	126,1,1,1,126,0,127,32,16,8 ,127,0,64,32,31,32,64	<i>Dot Matrix</i> akan menampilkan tulisan UNY, untuk data 0 digunakan untuk memberi jarak antara huruf.
2.	4,10,10,52,74,52,10,10,4	<i>Dot Matrix</i> akan menampilkan gambar bunga.

Dari tabel di atas dapat dijelaskan bahwa dengan memberi data yang berbeda tampilan *dot matrix* juga akan berbeda. Perhitungan data di ambil menggunakan data biner ke desimal.

#### D. Pembahasan

Data hasil dari pengujian rangkaian di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian dapat berfungsi dengan baik sesuai yang direncanakan. Hasil dari pengujian tersebut hampir sama dengan yang dijelaskan berdasarkan teori

atau *datasheet* komponen. Pembahasan untuk hasil pengujian di atas diantaranya yaitu :

#### 1. Rangkaian IC Regulator 7805

Berdasarkan data yang didapat pada pengujian Rangkaian IC Regulator 7805 pada rangkaian sistem minimum ATmega16 menunjukkan bahwa IC 7805 berkerja dengan baik sesuai dengan yang tertulis pada *datasheet* yang menjelaskan bahwa IC 7805 mengubah tegangan masukan yang berubah-ubah menjadi tegangan yang stabil sebesar 5 Volt. Untuk tegangan masukkan 3 Volt dan melewati IC 7805 hasil outputnya sebesar 0 Volt baik tanpa beban maupun dengan beban , hal ini karena IC 7805 mengubah tegangan yang lebih besar dari 5 Volt menjadi tegangan stabil 5 Volt. Sehingga untuk tegangan yang kurang dari 5 Volt atau 6 Volt tidak akan bisa melewati IC 7805 dan menjadikan dot matrix tidak menyala.

#### 2. *Solar cell*

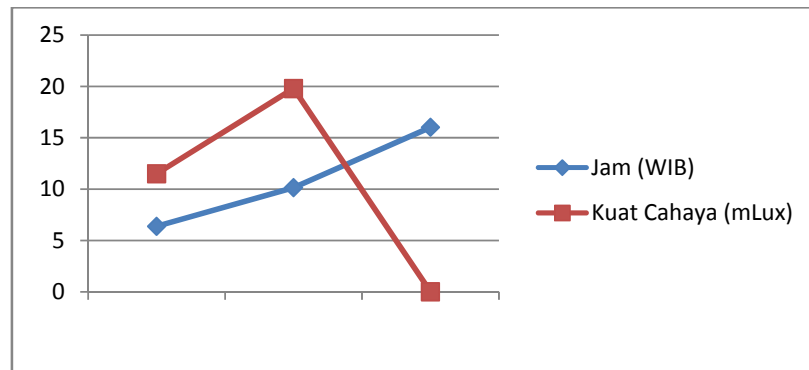
Data yang didapat dari hasil pengujian yang mengukur Output *Solar cell* yang berdasarkan kuat cahaya membuktikan bahwa apa yang sudah dijelaskan di dalam teori benar. Semakin besar kuat cahaya semakin besar keluaran daya *Solar cell*. Pada kuat cahaya sebesar 19800 lux menghasilkan daya output sebesar 3.744 Watt. Untuk menghitung daya output dapat dilakukan dengan rumus :

$$P = V \times I \quad \text{di mana : } P = \text{daya listrik ( Watt )}$$

$$V = \text{tegangan listrik ( Volt )}$$

$I$  = arus listrik ( Ampere )

Pada tabel pengujian nomor 5 dapat dilihat grafik hubungan antara lux dengan jam, yaitu :



Gambar 32. Grafik Hubungan Antara Lux dengan Jam

### 3. Rangkaian Output *Dot Matrix*

Pengujian pada *dot matrix* hasil yang didapat yaitu ketika untuk menampilkan tulisan UNY pada program diberi data 126,1,1,1,126,0,127,32,16,8,127,0,64,32,31,32,64. Data tersebut dihitung berdasarkan huruf yang akan ditampilkan dan dengan cara menghitung led kolom yang akan dinyalakan. Contoh perhitungan data *dot matrix* :

64	
32	
16	
8	
4	
2	
1	

127	1	1	1	127	127	32	16	8	127	64	32	31	32	64
-----	---	---	---	-----	-----	----	----	---	-----	----	----	----	----	----

Gambar 33. Contoh Perhitungan Data Dot Matrix

Perhitungan data *dot matrix* di atas dilakukan juga untuk tulisan dan gambar lainnya yang akan ditampilkan pada *dot matrix*. Data spasi

antara huruf adalah dengan membari logika 0 pada led satu kolom *dot matrix*.

#### **E. Kerja Alat Secara Keseluruhan**

Cara kerja dari Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16 adalah sinar matahari diubah menjadi listrik oleh *Solar cell* dan disimpan pada ACCU kemudian ACCU dihubungkan pada rangkaian sistem minimum ATmega16. Setelah sistem minimum tersuplay tegangan dari ACCU, ATmega16 akan mulai bekerja dan program yang ada di dalam ATmega16 akan mengendalikan keluaran *dot matrix*. Rangkaian scanning pun juga akan bekerja ketika tegangan dan arus masuk kedalam rangkaian. Cepat lambat berjalannya Tulisan dan Gambar diatur pada program.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan proyek akhir pada BAB IV dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar cell* Berbasis ATmega16 terdiri dari beberapa blok diagram. Blok-blok diagram tersebut terdiri dari blok pengendali, blok *scanning* dan penampil, blok penyimpanan dan blok penghasil listrik. Blok pengendali adalah blok yang berisi rangkaian sistem minimum ATmega16. Disebut blok pengendali karena blok ini berfungsi sebagai pengendali atau otak dari rangkaian tulisan dan gambar berjalan. Blok *scanning* dan penampil ini adalah sebagai blok output rangkaian tulisan dan gambar berjalan. Sedangkan blok penyimpanan dan blok penghasil listrik adalah sebagai penyuplay rangkaian tulisan dan gambar berjalan.
2. Tulisan dan gambar berjalan dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan dengan cara memberi data yang berbeda pada program yang berada pada sistem minimum ATmega16 dan dengan perhitungan led *dot matrix* bagian mana yang akan dihidupkan. Data tersebut dapat berupa bilangan biner maupun bilangan yang lain.
3. Rangkaian tulisan dan gambar berjalan dengan sumber *solar cell* berbasis ATmega16 dapat berfungsi dengan baik sesuai yang telah dirancang. *Downloader USB* yang digunakan untuk mendownload program dari



CVAVR ke sistem minimum ATmega16 dapat berjalan dengan baik, output rangkaian yang berupa *dot matrix* dapat menampilkan tulisan dan gambar berjalan dengan jelas, *solar cell* dapat menghasilkan listrik sesuai dengan karakteristik *solar cell* tersebut.

## **B. Keterbatasan**

1. Penempatan komponen yang belum tertata rapi dan terpisah-pisah. Serta jalur PCB yang masih penuh dengan *jumper*.
2. Tampilan tulisan dan gambar yang terlalu simpel. Karena masih banyak variasi tampilan tulisan dan gambar yang lebih menarik lagi.
3. Tampilan tulisan dan gambar kurang sempurna karena terkadang ada led yang tidak menyala kadang menyala dan sering terjadi kedipan.
4. IC regulator 7805 pada rangkaian sistem minimum mengalami panas jika rangkaian dihidupkan secara terus menerus.
5. Rangkaian tidak akan menyala terus menerus saat terjadi musim hujan.

## **C. Saran**

Dari keterbatasan dan kesimpulan yang ada, maka diberikan saran-saran sebagai berikut :

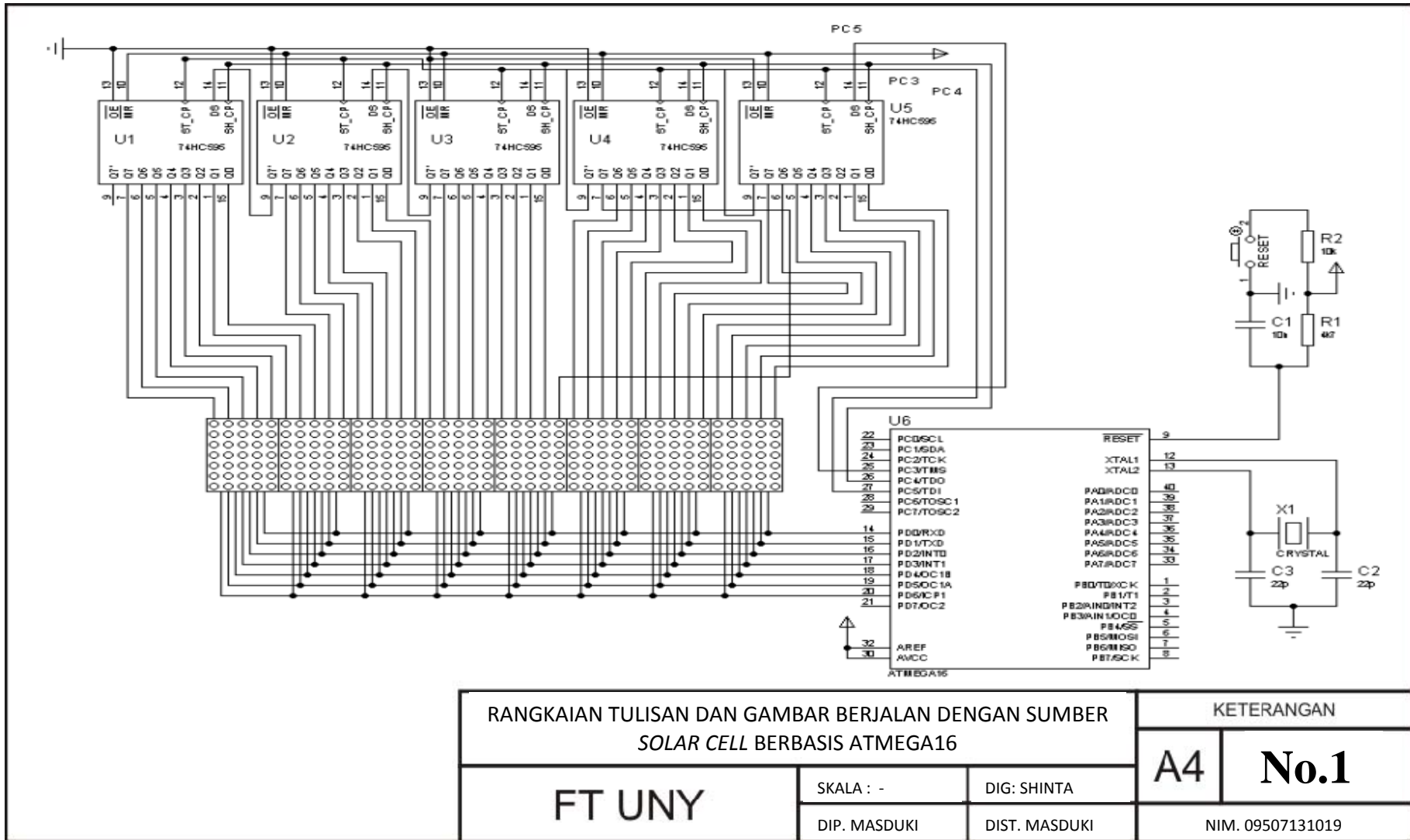
1. Pada pembuatan rangkaian tulisan dan gambar berjalan ini masih perlu diperhatikan cara penempatan komponen dan jalur PCB agar terlihat lebih rapi dan tidak terpisah-pisah.

2. Pembuatan rangkaian tulisan dan gambar berjalan masih perlu memberikan data yang dapat membuat tulisan dan gambar lebih menarik.
3. Perlu diperhatikan ketika musim hujan rangkaian ini kurang efektif bila tidak menggunakan sumber listrik dari luar.

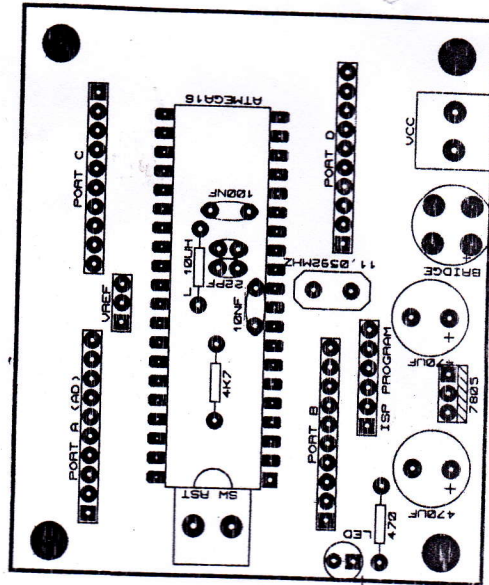
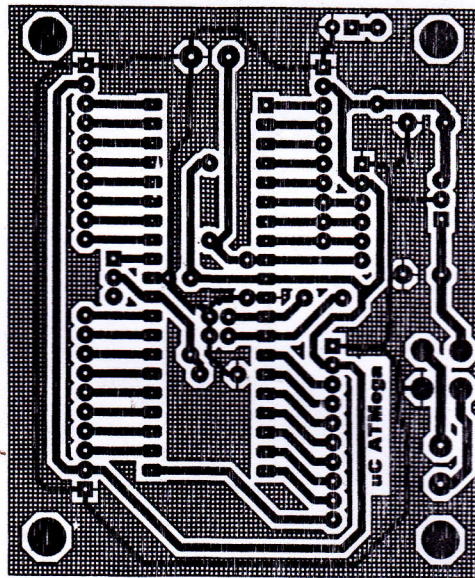
## DAFTAR PUSTAKA

- Alihasyim. (2011). *Komponen Sistem Minimum Mikrokontroler ATMEGA 8535*.  
Diambil pada tanggal 15 September 2012,  
<http://alihasyim.blogspot.com/2011/04/komponen-sistem-minimum-mikrokontroler.html>
- Andrianto Heri. (2008). *Permrograman Mikrokontroler AVR ATmega16*.  
Bandung: Informatika.
- Anonim. (2011). *Belajar AVR – Mengenal Minimum System – I*. Diambil pada tanggal 15 September 2012,  
<http://ngooprek.com/blog/2011/12/16/belajar-avr-mengenal-minimum-system/>
- Anonim. (2010). *Laporan Praktikum Karakteristik Sel Surya*. Diambil pada tanggal 15 September 2012,  
<http://poohdandan.wordpress.com/2010/07/29/laporan-praktikum-karakteristik-sel-surya/>
- Anonim. (2012). *Shift Register*. Diambil pada tanggal 20 September 2012,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Shift\\_registers](http://en.wikipedia.org/wiki/Shift_registers)
- Anonim. (2011). 74HC595. Diambil pada tanggal 20 September 2012,  
[http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/74HC\\_HCT595.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT595.pdf)
- Dicarys. (2008). *Modul Teknik Digital Flip-Flop*. Diambil pada tanggal 18 September 2012,  
<http://dicarys.blogspot.com/2008/06/jk-flip-flop.html>
- e-Technology Center. (2010). *SmartDotMatrix Ver 2.0*. Diambil pada tanggal 19 Juli 2012,  
<http://www.toko-elektronika.com/tutorial/smartdotmatrix.htm>
- Fansduino. (2011). *Ekstra Output Pin pada Arduino*. Diambil pada tanggal 20 Juli 2012,  
<http://fansduino.wordpress.com/2011/07/23/ekstra-output-pin-pada-arduino/>
- Soerya. (2011). *Merawat ACCU*. Diambil pada tanggal 19 Juli 2012,  
<http://soerya.surabaya.go.id/AuP/eDU.KONTEN/edukasi.net/Peng.Pop/Otomotif/Merawat.Accu/11.htm>

# **LAMPIRAN**

Lampiran 1. Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar Cell* Berbasis ATmega16

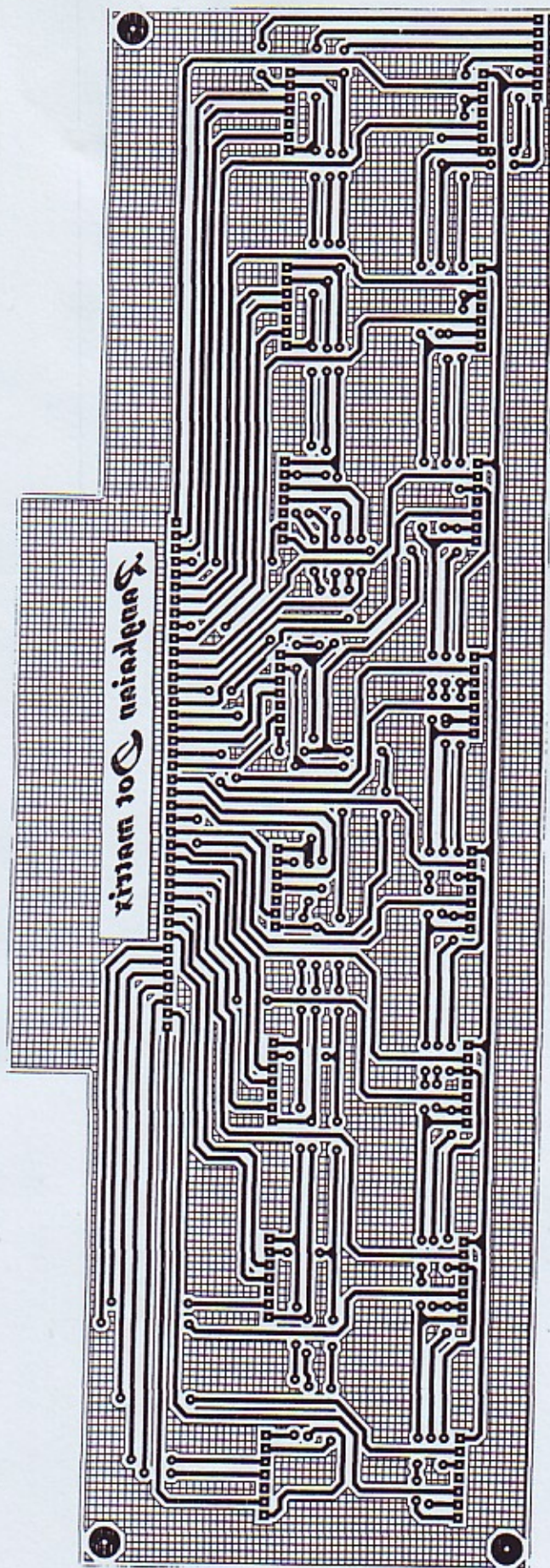
Lampiran 2. Layout dan Tata Letak Rangkaian Sistem Minimum ATmega16



LAYOUT DAN TATA LETAK RANGKAIAN SISTEM MINIMUM ATMEGA16		KETERANGAN	
FT UNY		A4	No. 2
SKALA : -		DIG: SHINTA	
DIP. MASDUKI		DIST. MASDUKI	
		NIM. 09507131019	

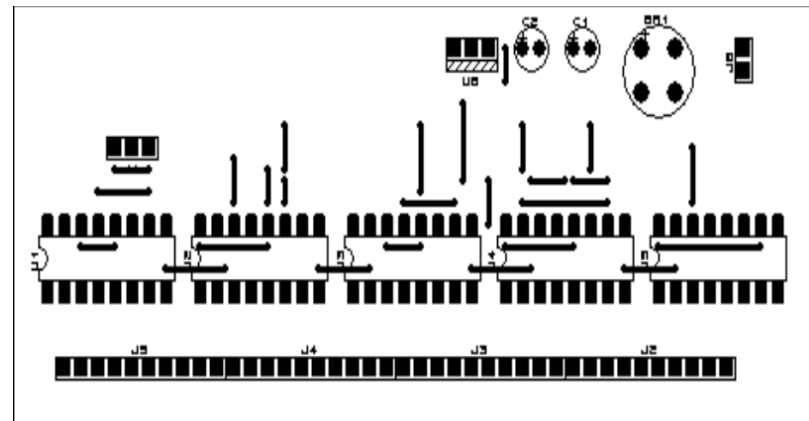
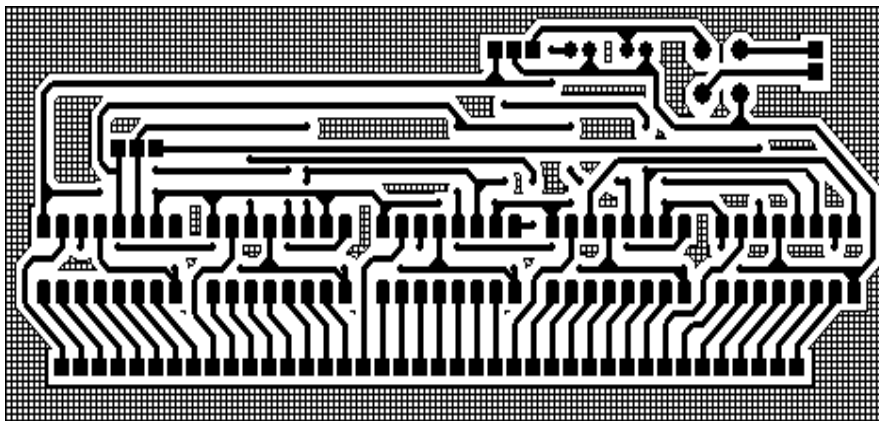


Lampiran 3. Layout PCB Rangkaian Dot Matrix 5x7



LAYOUT PCB RANGKAIAN DOT MATRIX 5x7		KETERANGAN	
		A3	
FT UNY	SKALA : -	DIG: SHINTA	NIM. 09507131019
	DIP. MASDUKI	DIST. MASDUKI	

Lampiran 4. Layout dan Tata Letak Rangkaian *Scanning* IC 74HC595



LAYOUT DAN TATA LETAK KOMPONEN RANGKAIAN *SCANNING* IC  
74HC595

KETERANGAN

FT UNY

SKALA : -

DIG: SHINTA

DIP. MASDUKI

DIST. MASDUKI

A4

**No.4**

NIM. 09507131019



## Lampiran 5. Daftar Komponen pada bulan April dan Mei 2012

No.	Nama Barang	Jumlah	Harga Satuan (Rp,-)	Jumlah (Rp,-)
1.	ATmega16	1	50.000	50.000
2.	Dot Matrix 5x7	8	19.000	19.000
3.	IC 74HC595	5	3.500	17.500
4.	Solar Cell	1	350.000	350.000
5.	ACCU	1	45.000	45.000
6.	PCB fiber 10.5x51	1	24.750	24.750
7.	Pelarut	2	2.400	4.800
8.	IC 7805	2	2.750	5.500
9.	Soket IC 16 pin	5	400	2.000
10.	Plat Seng	1 meter	23.000	23.000
11.	Lain-lain			50.000
<b>Jumlah Total</b>				<b>724.550</b>

#### Lampiran 6. Petunjuk Pengoperasian Alat dan Spesifikasi Alat

Dalam pengoperasian alat dilakukan beberapa langkah pengoperasian yaitu :

1. Pertama hubungkan kabel *Solar Cell* pada Rangkaian Tulisan dan Gambar

Berjalan seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

Kabel *Solar Cell*  
yang terpasang  
pada rangkaian



2. Setelah kabel terhubung, lalu tekan tombol On Off pada Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan.



tombol On Off

3. Rangkaian akan bekerja dan hasilnya akan seperti gambar di bawah ini :



Berikut ini beberapa spesifikasi dari Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber *Solar Cell* Berbasis ATmega16 :

- a. Daya yang dihasilkan dari *Solar Cell* sebesar 10Watt.
- b. Rangkaian ini membutuhkan tegangan masukan yang lebih besar dari 5Volt.
- c. Rangkain ini menggunakan 8 buah *Dot Matrix*.
- d. ACCU yang digunakan adalah ACCU kering dengan tegangan 12 Volt dan Arus 3 Ampere.
- e. Berikut ini bentuk fisik Rangkaian Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber Solar cell Berbasis ATmega16, yaitu :



Lampiran 7. Listing Program Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber Solar cell Berbasis ATmega16

```

#include <mega16.h>
#include <delay.h>
int i,j,spd;

void main(void)
{
    char font[17]= //data yang akan ditampilkan
    {
        126,1,1,1,126,0,127,32,16,8,127,0,64,32,31,32,64
    };

    DDRC=0xFF; //output
    PORTC=0x00; //port untuk clock dinolkan di awal
    #asm ("nop")

    while(1)
    {
        //awal program dot matrix common katoda
        DDRD=0xFF;
        PORTD=0x00;
        for(j=0;j<40;j++) //data length
        {
            for(spd=0;spd<5;spd++) //untuk kecepatan scanning
            {
                PORTC=0; //DS-L
                PORTD=font[j-i]; //data
                delay_us(50);
                PORTC=16; //DS-L, SH-H
                delay_us(50);
                PORTD=0x00;
                for(i=0;i<40;i++) //column length
                {
                    PORTC=40; //ST-H
                    PORTC=24; //SH-H
                    PORTD=font[j-i];
                    delay_us(50);
                    PORTD=0x00;
                }
            }
        }
    }
}
//akhir program dot matrix common katoda

```

## Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 512 Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 1K Byte Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega16L
  - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
  - Active: 1.1 mA
  - Idle Mode: 0.35 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA



## 8-bit AVR<sup>®</sup> Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega16  
ATmega16L

## Summary

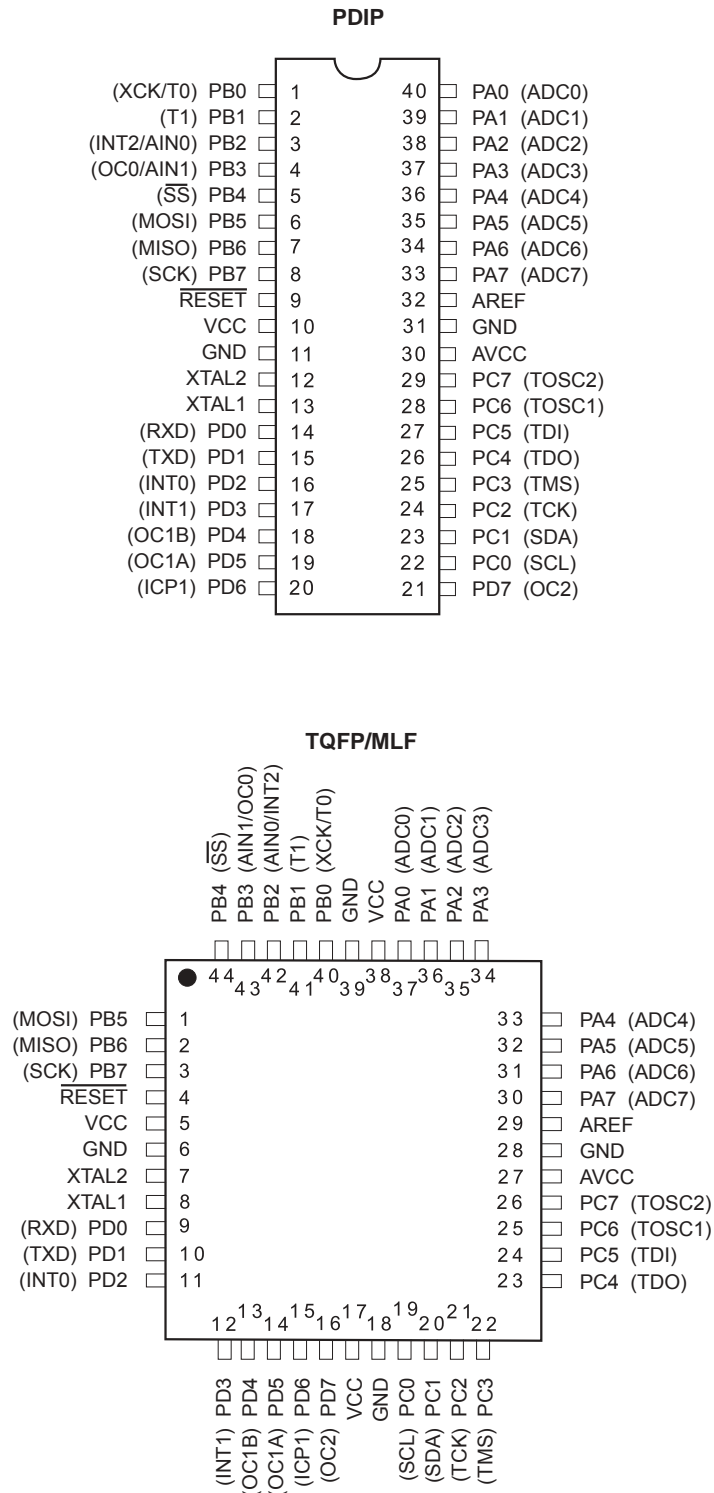
2466HS-AVR-12/03



Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

## Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



## Disclaimer

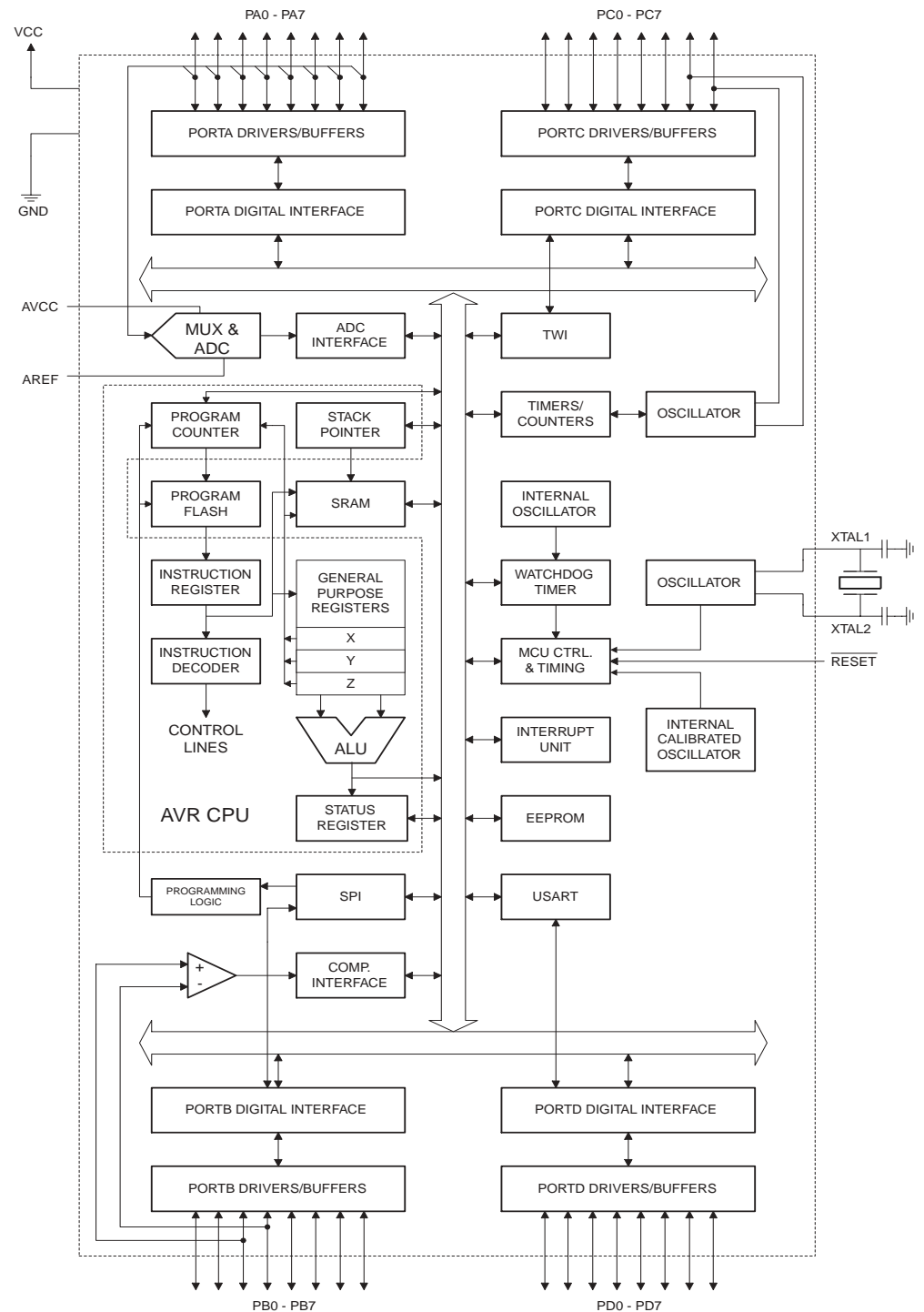
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

## Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

**Figure 2. Block Diagram**





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

## Pin Descriptions

**VCC** Digital supply voltage.

**GND** Ground.

**Port A (PA7..PA0)** Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



**Port B (PB7..PB0)**

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 56.

**Port C (PC7..PC0)**

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 59.

**Port D (PD7..PD0)**

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 61.

**RESET**

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 36. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

**XTAL1**

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**XTAL2**

Output from the inverting Oscillator amplifier.

**AVCC**

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to  $V_{CC}$ , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to  $V_{CC}$  through a low-pass filter.

**AREF**

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



## Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
\$3F (\$5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	7
\$3E (\$5E)	SPH	–	–	–	–	–	SP10	SP9	SP8	10
\$3D (\$5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	10
\$3C (\$5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								83
\$3B (\$5B)	GICR	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	46, 67
\$3A (\$5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	–	–	–	–	–	68
\$39 (\$59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	83, 114, 132
\$38 (\$58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	84, 115, 132
\$37 (\$57)	SPMCR	SPMIE	RWWWSB	–	RWWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	249
\$36 (\$56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	178
\$35 (\$55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	30, 66
\$34 (\$54)	MCUCSR	JTD	ISC2	–	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	39, 67, 229
\$33 (\$53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	81
\$32 (\$52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								83
\$31 <sup>(1)</sup> (\$51) <sup>(1)</sup>	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								28
	ODCR	On-Chip Debug Register								225
\$30 (\$50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	55,86,133,199,219
\$2F (\$4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	109
\$2E (\$4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	112
\$2D (\$4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								113
\$2C (\$4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								113
\$2B (\$4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								113
\$2A (\$4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								113
\$29 (\$49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								113
\$28 (\$48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								113
\$27 (\$47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								114
\$26 (\$46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								114
\$25 (\$45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	127
\$24 (\$44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								129
\$23 (\$43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								129
\$22 (\$42)	ASSR	–	–	–	–	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	130
\$21 (\$41)	WDTCSR	–	–	–	WDTOE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	41
\$20 <sup>(2)</sup> (\$40) <sup>(2)</sup>	UBRRH	URSEL	–	–	–	UBRR[11:8]				165
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	164
\$1F (\$3F)	EEARH	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	17
\$1E (\$3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								17
\$1D (\$3D)	EEDR	EEPROM Data Register								17
\$1C (\$3C)	EECR	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EWE	EERE	17
\$1B (\$3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	64
\$1A (\$3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	64
\$19 (\$39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	64
\$18 (\$38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	64
\$17 (\$37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	64
\$16 (\$36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	64
\$15 (\$35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	65
\$14 (\$34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	65
\$13 (\$33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	65
\$12 (\$32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	65
\$11 (\$31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	65
\$10 (\$30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	65
\$0F (\$2F)	SPDR	SPI Data Register								140
\$0E (\$2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	140
\$0D (\$2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	138
\$0C (\$2C)	UDR	USART I/O Data Register								161
\$0B (\$2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	162
\$0A (\$2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	163
\$09 (\$29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								165
\$08 (\$28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	200
\$07 (\$27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	215
\$06 (\$26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	217
\$05 (\$25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								218
\$04 (\$24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								218
\$03 (\$23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								180
\$02 (\$22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	180

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
\$01 (\$21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	179
\$00 (\$20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								178

- Notes:
1. When the OCDEN Fuse is unprogrammed, the OSCCAL Register is always accessed on this address. Refer to the debugger specific documentation for details on how to use the OCDR Register.
  2. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
  3. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
  4. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers \$00 to \$1F only.

## Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
<b>ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS</b>					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	RdI, K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	RdI, K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \bullet K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow \$FF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \$00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \bullet (\$FF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow \$FF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
<b>BRANCH INSTRUCTIONS</b>					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
JMP	k	Direct Jump	$PC \leftarrow k$	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
CALL	k	Direct Subroutine Call	$PC \leftarrow k$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd = Rr)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBRs	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s) = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s) = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if $(T = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if $(T = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
<b>DATA TRANSFER INSTRUCTIONS</b>					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
<b>BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS</b>					
SBI	P, b	Set Bit in I/O Register	I/O(P, b) ← 1	None	2
CBI	P, b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P, b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z, C, N, V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z, C, N, V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z, C, N, V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z, C, N, V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z, C, N, V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1



Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 0$	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-Chip Debug Only	None	N/A

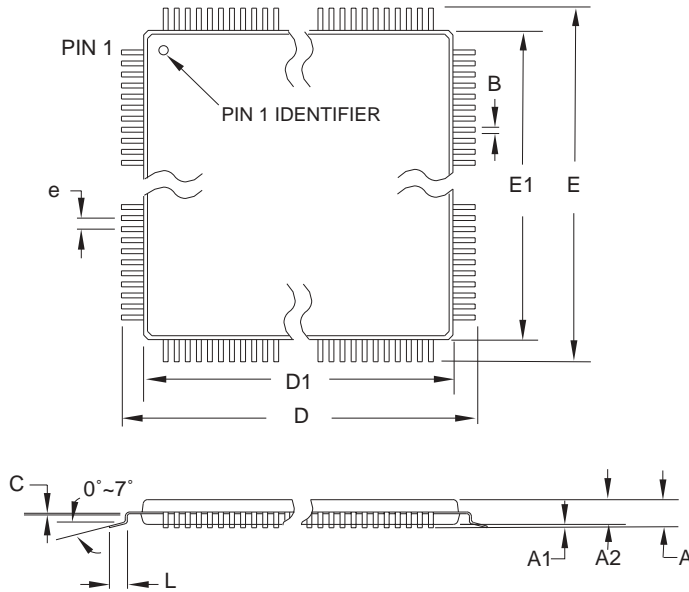
## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega16L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega16L-8PC	40P6	
		ATmega16L-8MC	44M1	
		ATmega16L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega16L-8PI	40P6	
		ATmega16L-8MI	44M1	
16	4.5 - 5.5V	ATmega16-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega16-16PC	40P6	
		ATmega16-16MC	44M1	
		ATmega16-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega16-16PI	40P6	
		ATmega16-16MI	44M1	

Package Type	
<b>44A</b>	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
<b>40P6</b>	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
<b>44M1</b>	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Micro Lead Frame Package (MLF)

## Packaging Information

44A



**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	—	—	1.20	
A1	0.05	—	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	—	0.45	
C	0.09	—	0.20	
L	0.45	—	0.75	
e	0.80 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
  3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001



2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

### TITLE

**44A**, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness,  
0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)

### DRAWING NO.

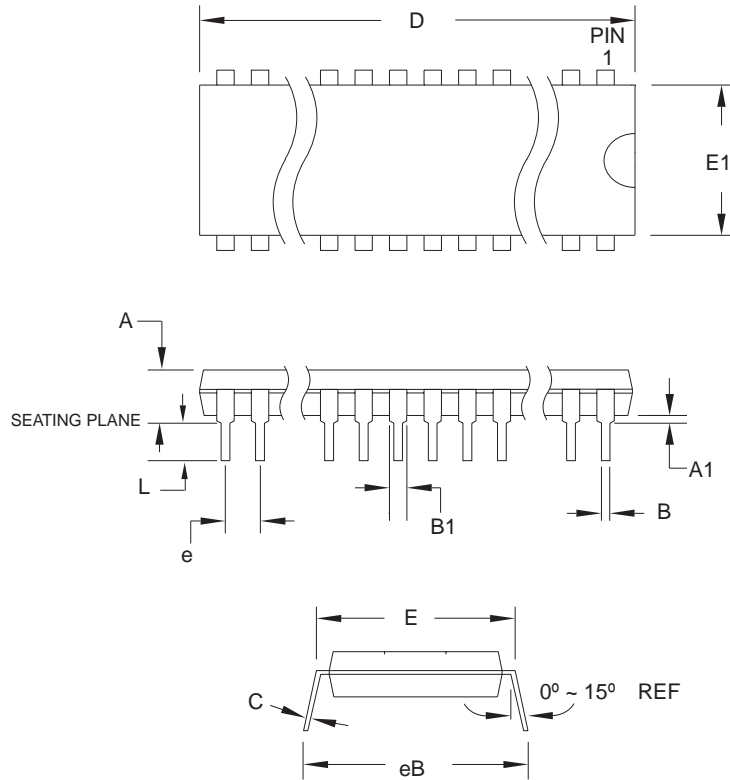
44A

### REV.

B



## 40P6



**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	—	—	4.826	
A1	0.381	—	—	
D	52.070	—	52.578	Note 2
E	15.240	—	15.875	
E1	13.462	—	13.970	Note 2
B	0.356	—	0.559	
B1	1.041	—	1.651	
L	3.048	—	3.556	
C	0.203	—	0.381	
eB	15.494	—	17.526	
e	2.540 TYP			

- Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.  
 2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.  
 Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01



2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

### TITLE

**40P6**, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual  
Inline Package (PDIP)

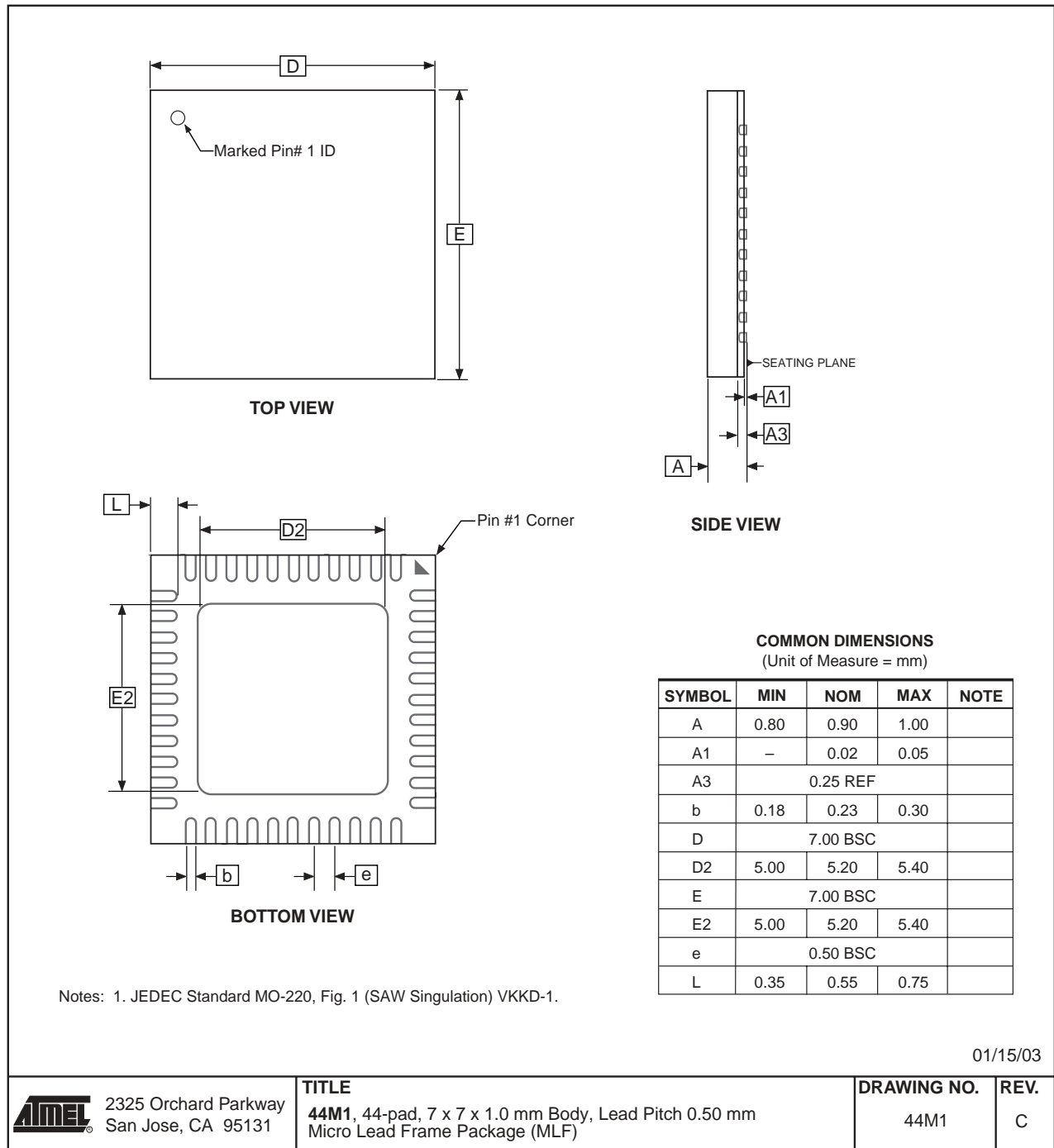
### DRAWING NO.

40P6

### REV.

B

# 44M1



**Errata**

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega16 device.

**ATmega16(L) Rev. I**

- **IDCODE masks data from TDI input**

1. **IDCODE masks data from TDI input**

The JTAG instruction IDCODE is not working correctly. Data to succeeding devices are replaced by all-ones during Update-DR.

**Problem Fix / Workaround**

- If ATmega16 is the only device in the scan chain, the problem is not visible.
- Select the Device ID Register of the ATmega16 by issuing the IDCODE instruction or by entering the Test-Logic-Reset state of the TAP controller to read out the contents of its Device ID Register and possibly data from succeeding devices of the scan chain. Issue the BYPASS instruction to the ATmega16 while reading the Device ID Registers of preceding devices of the boundary scan chain.
- If the Device IDs of all devices in the boundary scan chain must be captured simultaneously, the ATmega16 must be the first device in the chain.

**ATmega16(L) Rev. H**

- **IDCODE masks data from TDI input**

1. **IDCODE masks data from TDI input**

The JTAG instruction IDCODE is not working correctly. Data to succeeding devices are replaced by all-ones during Update-DR.

**Problem Fix / Workaround**

- If ATmega16 is the only device in the scan chain, the problem is not visible.
- Select the Device ID Register of the ATmega16 by issuing the IDCODE instruction or by entering the Test-Logic-Reset state of the TAP controller to read out the contents of its Device ID Register and possibly data from succeeding devices of the scan chain. Issue the BYPASS instruction to the ATmega16 while reading the Device ID Registers of preceding devices of the boundary scan chain.
- If the Device IDs of all devices in the boundary scan chain must be captured simultaneously, the ATmega16 must be the first device in the chain.

**ATmega16(L) Rev. G**

- **IDCODE masks data from TDI input**

1. **IDCODE masks data from TDI input**

The JTAG instruction IDCODE is not working correctly. Data to succeeding devices are replaced by all-ones during Update-DR.

**Problem Fix / Workaround**

- If ATmega16 is the only device in the scan chain, the problem is not visible.
- Select the Device ID Register of the ATmega16 by issuing the IDCODE instruction or by entering the Test-Logic-Reset state of the TAP controller to read out the contents of its Device ID Register and possibly data from succeeding devices of the scan chain. Issue the BYPASS instruction to the ATmega16 while reading the Device ID Registers of preceding devices of the boundary scan chain.



- If the Device IDs of all devices in the boundary scan chain must be captured simultaneously, the ATmega16 must be the first device in the chain.

## Datasheet Change Log for ATmega16

### Changes from Rev. 2466G-10/03 to Rev. 2466H-12/03

This section contains a log on the changes made to the datasheet for ATmega16.

All page numbers refer to this document.

1. Updated “Calibrated Internal RC Oscillator” on page 27.

### Changes from Rev. 2466F-02/03 to Rev. 2466G-10/03

All page numbers refer to this document.

1. Removed “Preliminary” from the datasheet.
2. Changed ICP to ICP1 in the datasheet.
3. Updated “JTAG Interface and On-chip Debug System” on page 34.
4. Updated assembly and C code examples in “Watchdog Timer Control Register – WDTCSR” on page 41.
5. Updated Figure 46 on page 101.
6. Updated Table 15 on page 36, Table 82 on page 215 and Table 115 on page 274.
7. Updated “Test Access Port – TAP” on page 220 regarding JTAGEN.
8. Updated description for the JTD bit on page 229.
9. Added note 2 to Figure 126 on page 251.
10. Added a note regarding JTAGEN fuse to Table 105 on page 259.
11. Updated Absolute Maximum Ratings\* and DC Characteristics in “Electrical Characteristics” on page 289.
12. Updated “ATmega16 Typical Characteristics” on page 297.
13. Fixed typo for 16 MHz MLF package in “Ordering Information” on page 11.
14. Added a proposal for solving problems regarding the JTAG instruction IDCODE in “Errata” on page 15.

### Changes from Rev. 2466E-10/02 to Rev. 2466F-02/03

All page numbers refer to this document.

1. Added note about masking out unused bits when reading the Program Counter in “Stack Pointer” on page 10.
2. Added Chip Erase as a first step in “Programming the Flash” on page 286 and “Programming the EEPROM” on page 287.
3. Added the section “Unconnected pins” on page 53.

4. Added tips on how to disable the OCD system in “On-chip Debug System” on page 34.
5. Removed reference to the “Multi-purpose Oscillator” application note and “32 kHz Crystal Oscillator” application note, which do not exist.
6. Added information about PWM symmetry for Timer0 and Timer2.
7. Added note in “Filling the Temporary Buffer (Page Loading)” on page 252 about writing to the EEPROM during an SPM Page Load.
8. Removed ADHSM completely.
9. Added Table 73, “TWI Bit Rate Prescaler,” on page 180 to describe the TWPS bits in the “TWI Status Register – TWSR” on page 179.
10. Added section “Default Clock Source” on page 23.
11. Added note about frequency variation when using an external clock. Note added in “External Clock” on page 29. An extra row and a note added in Table 118 on page 291.
12. Various minor TWI corrections.
13. Added “Power Consumption” data in “Features” on page 1.
14. Added section “EEPROM Write During Power-down Sleep Mode” on page 20.
15. Added note about Differential Mode with Auto Triggering in “Prescaling and Conversion Timing” on page 205.
16. Added updated “Packaging Information” on page 12.

**Changes from Rev.  
2466D-09/02 to Rev.  
2466E-10/02**

All page numbers refer to this document.

1. Updated “DC Characteristics” on page 289.

**Changes from Rev.  
2466C-03/02 to Rev.  
2466D-09/02**

All page numbers refer to this document.

1. Changed all Flash write/erase cycles from 1,000 to 10,000.
2. Updated the following tables: Table 4 on page 24, Table 15 on page 36, Table 42 on page 83, Table 45 on page 110, Table 46 on page 110, Table 59 on page 141, Table 67 on page 165, Table 90 on page 233, Table 102 on page 257, “DC Characteristics” on page 289, Table 119 on page 291, Table 121 on page 293, and Table 122 on page 295.
3. Updated “Errata” on page 15.

**Changes from Rev.  
2466B-09/01 to Rev.  
2466C-03/02**

All page numbers refer to this document.

1. Updated typical EEPROM programming time, Table 1 on page 18.

**2. Updated typical start-up time in the following tables:**

Table 3 on page 23, Table 5 on page 25, Table 6 on page 26, Table 8 on page 27, Table 9 on page 27, and Table 10 on page 28.

**3. Updated Table 17 on page 41 with typical WDT Time-out.**

**4. Added Some Preliminary Test Limits and Characterization Data.**

Removed some of the TBD's in the following tables and pages:

Table 15 on page 36, Table 16 on page 40, Table 116 on page 272 (table removed in document review #D), "Electrical Characteristics" on page 289, Table 119 on page 291, Table 121 on page 293, and Table 122 on page 295.

**5. Updated TWI Chapter.**

Added the note at the end of the "Bit Rate Generator Unit" on page 176.

**6. Corrected description of ADSC bit in "ADC Control and Status Register A – ADCSRA" on page 217.**

**7. Improved description on how to do a polarity check of the ADC doff results in "ADC Conversion Result" on page 214.**

**8. Added JTAG version number for rev. H in Table 87 on page 227.**

**9. Added not regarding OCDEN Fuse below Table 105 on page 259.**

**10. Updated Programming Figures:**

Figure 127 on page 261 and Figure 136 on page 272 are updated to also reflect that AVCC must be connected during Programming mode. Figure 131 on page 268 added to illustrate how to program the fuses.

**11. Added a note regarding usage of the "PROG\_PAGELOAD (\$6)" on page 278 and "PROG\_PAGEREAD (\$7)" on page 278.**

**12. Removed alternative algorithm for leaving JTAG Programming mode.**

See "Leaving Programming Mode" on page 286.

**13. Added Calibrated RC Oscillator characterization curves in section "ATmega16 Typical Characteristics" on page 297.**

**14. Corrected ordering code for MLF package (16MHz) in "Ordering Information" on page 11.**

**15. Corrected Table 90, "Scan Signals for the Oscillators<sup>(1)(2)(3)</sup>," on page 233.**



## Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 487-2600

## Regional Headquarters

### Europe

Atmel Sarl  
Route des Arsenaux 41  
Case Postale 80  
CH-1705 Fribourg  
Switzerland  
Tel: (41) 26-426-5555  
Fax: (41) 26-426-5500

### Asia

Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimshatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2721-9778  
Fax: (852) 2722-1369

### Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
Tel: (81) 3-3523-3551  
Fax: (81) 3-3523-7581

## Atmel Operations

### Memory

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

### Microcontrollers

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3, France  
Tel: (33) 2-40-18-18-18  
Fax: (33) 2-40-18-19-60

### ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex, France  
Tel: (33) 4-42-53-60-00  
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR, Scotland  
Tel: (44) 1355-803-000  
Fax: (44) 1355-242-743

### RF/Automotive

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn, Germany  
Tel: (49) 71-31-67-0  
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

### Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/ High Speed Converters/RF Datacom

Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex, France  
Tel: (33) 4-76-58-30-00  
Fax: (33) 4-76-58-34-80

---

## Literature Requests

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

**Disclaimer:** Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

© Atmel Corporation 2003. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof, AVR®, and AVR Studio® are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Microsoft®, Windows®, Windows NT®, and Windows XP® are the registered trademarks of Microsoft Corporation. Other terms and product names may be the trademarks of others



Printed on recycled paper.

2466HS-AVR-12/03